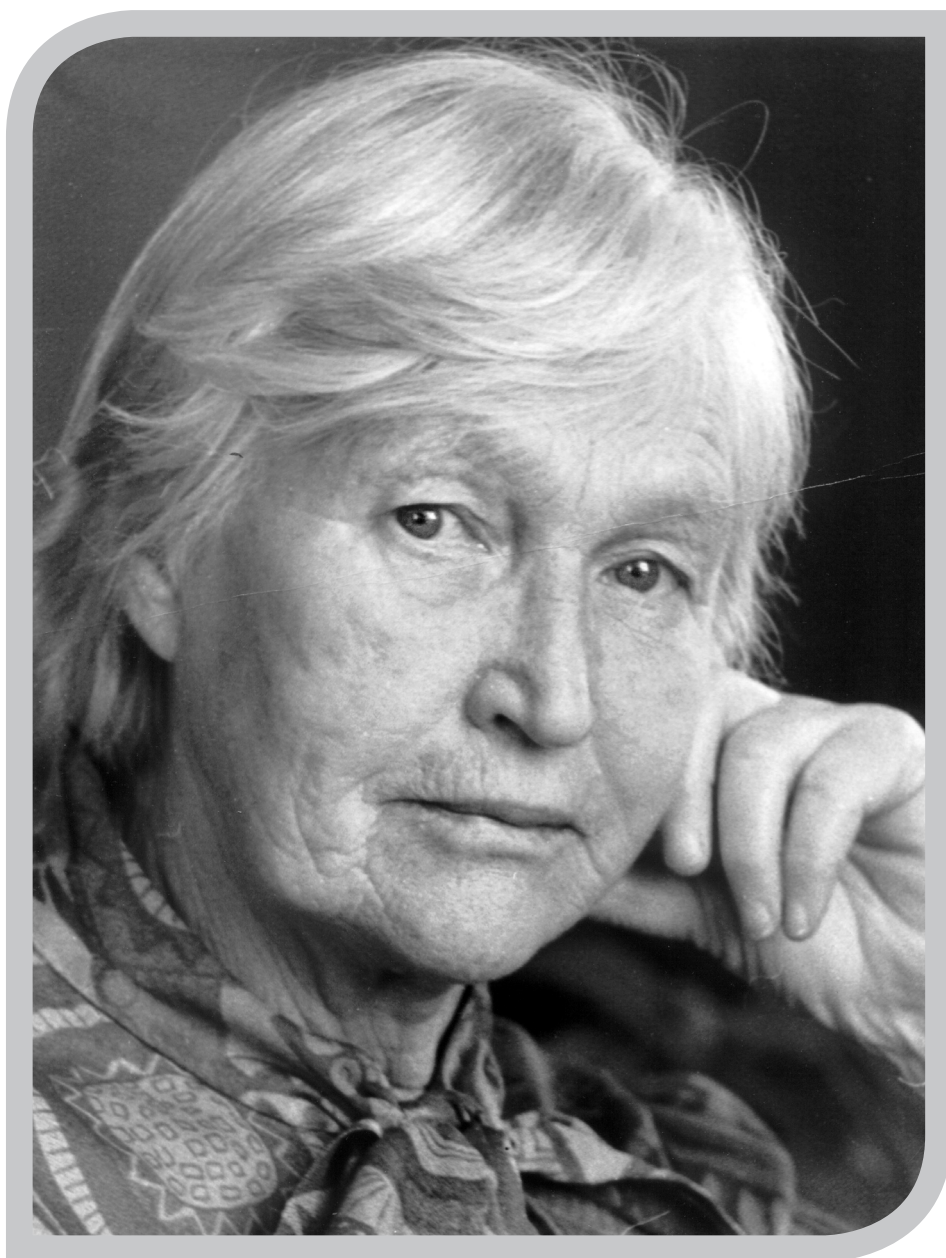


**ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ
И ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ**





Мария Альфредовна Глазовская

УДК 911.2:550.4:631.4 (082)

ББК 26.82

Г35

Редколлегия:

Н. С. Касимов (председатель), А. Н. Геннадиев, М. И. Герасимова, Н. Е. Кошелева, П. П. Кречетов,
М. Ю. Лычагин, Ю. И. Пиковский

Геохимия ландшафтов и география почв (к 100-летию М. А. Глазовской). Доклады Всероссийской научной конференции. Москва, 4 – 6 апреля 2012 г., М.: Географический факультет МГУ, 2012. – 368 с.

ISBN 978-5-89575-203-6

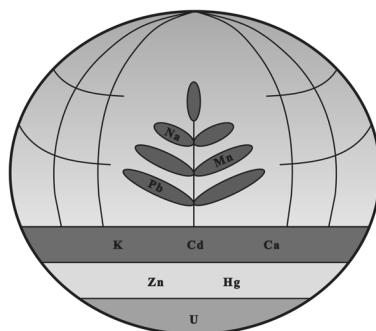
Материалы Всероссийской научной конференции «Геохимия ландшафтов и география почв», посвященной 100-летию М.А. Глазовской, включают тезисы докладов более 200 авторов, в которых обсуждается широкий спектр современных проблем геохимии ландшафтов и географии почв. Рассматриваются вопросы региональной геохимии ландшафтов и географии почв, исследуются подходы к оценке эколого-геохимической устойчивости почв и ландшафтов, приводятся результаты изучения ландшафтно-геохимических и почвенных процессов, протекающих под воздействием природных и техногенных факторов. Излагаются новые достижения в области ландшафтно- и почвенно-геохимического картографирования, приводятся результаты исследований первичного почвообразования и эволюции почв, особенностей педолитогенеза, разномасштабных циклов химических элементов в окружающей среде.

УДК 911.2:550.4:631.4 (082)

ББК 26.82

ISBN 978-5-89575-203-6

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Географический факультет



ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ И ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

(к 100 - летию М.А. Глазовской)

Доклады
Всероссийской научной конференции
Москва, 4-6 апреля 2012

Оглавление

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

ГЕОХИМИЯ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ	15
<i>Н.С. Касимов</i>	
ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЧВ.....	18
<i>А.Н. Геннадиев</i>	
ПОЧВЕННОЕ, ПОЧВЕННО- И ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ	20
<i>М.И. Герасимова</i>	
РОЛЬ ЭНДОЛИТНЫХ ОРГАНИЗМОВ В ФОРМИРОВАНИИ ПЕРВИЧНЫХ ПОЧВ И СКАЛЬНЫХ «ЗАГАРОВ» (НА ПРИМЕРЕ ВОСТОЧНОЙ АНТАРКТИДЫ).....	22
<i>Н.С. Мергелов, С.В. Горячкин, И.Г. Шоркунов</i>	
РОЛЬ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ РОССИИ В ГЛОБАЛЬНОМ БИОГЕОХИМИЧЕСКОМ ЦИКЛЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА	24
<i>И.Н. Курганова</i>	

СЕКЦИОННЫЕ ДОКЛАДЫ

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПЕРВИЧНЫХ ПОЧВ	27
<i>Е.В. Абакумов</i>	
РОЛЬ ЛАНДШАФТНО–ГЕОХИМИЧЕСКИХ КАРТ В АНТРОПОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ	27
<i>И.А. Авессаломова, Г.С. Самойлова</i>	
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ШЛАМАМИ – ОТХОДАМИ НЕФТЕДОБЫЧИ	29
<i>Н.А. Аветов, Ю.Н. Водяницкий, А.Т. Савичев, С.Я. Трофимов</i>	
О НЕКОТОРЫХ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ФОРМИРОВАНИЯ ОРГАНОПРОФИЛЕЙ.....	31
<i>М.М. Акишина, Л.Г. Богатырев, М.С. Малинина</i>	
НЕКОТОРЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ СЕЛИТЕБНЫХ ЛАНДШАФТОВ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ	33
<i>В.А. Алексеенко</i>	
ПРИРОДНЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ НА НАНОСАХ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД.....	35
<i>Б.С. Альжанова</i>	
ЗАКРЕПЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА И ЕГО ЗАПАСЫ В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ЛАНДШАФТОВ РОССИИ.....	37
<i>И.О. Алябина, Л.Г. Богатырёв</i>	
ГЕОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОСИСТЕМ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ В Г. ПЕРМЬ.....	40
<i>Д.Н. Андреев, Н.Е. Гоголина</i>	
МАРИЯ АЛЬФРЕДОВНА ГЛАЗОВСКАЯ И ДОКУЧАЕВСКАЯ ШКОЛА ФУНДАМЕНТАЛЬНОГО ПОЧВОВЕДЕНИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО (ЛЕНИНГРАДСКОГО) УНИВЕРСИТЕТА	42
<i>Б.Ф. Апарин, Э.И. Гагарина, Г.А. Касаткина, Н. Н. Федорова</i>	
ПРИНЦИПЫ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ САНКТ- ПЕТЕРБУРГА).....	43
<i>Б.Ф. Апарин, Е.Ю. Сухачева</i>	
ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ ОСТРОВА КИЖИ.....	45
<i>Г.В. Ахметова</i>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОНОВЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАСЧЕТНЫХ МЕТОДОВ	47
<i>О. В. Бекецкая, О. В. Чернова</i>	
ОСОБЕННОСТИ БИОХИМИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВЕЩЕСТВА ЗОЛОТВОЛОВ КАЗАНСКОЙ ТЭЦ В ПРОЦЕССЕ НАЧАЛЬНОГО ПЕДОГЕНЕЗА	49
<i>Э.Р. Бариева, Э.А. Королев</i>	

РЕМЕДИАЦИЯ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЁННЫХ ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ	50
<i>Б.А. Борисов, Н.Ф. Ганжара, М.В. Злобина, Р.Ф. Байбеков</i>	
СУБАЭРАЛЬНОЕ ОЩЕЛАЧИВАНИЕ ПОЧВ – ОДИН ИЗ МЕХАНИЗМОВ ОПУСТЫНИВАНИЯ ЛАНДШАФТОВ НА ЮЖНОЙ ГРАНИЦЕ СУХИХ СТЕПЕЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ МОНГОЛИИ	52
<i>О. Батхшииг, Д.Л. Голованов, П.Д. Гунин, Е.Ариунболд, С.Н. Бажа, Е. В. Данжалова, И.А. Петухов, О.И. Сорокина, С. Энх-Амгалан</i>	
УСТОЙЧИВОСТЬ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА ПОЧВ В УСЛОВИЯХ МУССОННОГО КЛИМАТА ВОСТОЧНОЙ И ЮГО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ	53
<i>В.П. Белобров, А.Ю. Куленкамп</i>	
МИГРАЦИЯ И БИОДОСТУПНОСТЬ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МЫШЬЯКА В СИСТЕМЕ «ПОЧВА– РАСТЕНИЕ»ПРИ ВНЕСЕНИИ ПРЕПАРАТОВ РИЗОСФЕРНЫХ БАКТЕРИЙ	55
<i>Г.А. Белоголова, О.Н. Гордеева, М.Г. Соколова</i>	
ЗАГРЯЗНЕНИЕ И ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ В РАЙОНЕ ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	57
<i>И.А.Белозерцева</i>	
ПСЕВДОЭЛЮВИЙ КАК ПОЧВООБРАЗУЮЩАЯ ПОРОДА	58
<i>Н.И. Белоусова, Е.В. Жангуров</i>	
ТЕХНОГЕННЫЙ ГАЛОГЕНЕЗ ПРИ ОСВОЕНИИ ЗАЛЕЖЕЙ ИСКОПАЕМЫХ СОЛЕЙ В ГУМИДНЫХ ЛАНДШАФТАХ.....	60
<i>С.М. Блинов, Е.А. Ворончихина, Е.А. Меньшикова, Е.Н. Батурич</i>	
ГЕОХИМИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ КАК ОДИН ИЗ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕНЕЗИСА ОРТШТЕЙНОВ В ПОЧВАХ ЮЖНОТАЕЖНЫХ ЛАНДШАФТОВ.....	62
<i>Л.Г. Богатырев, Д.В. Ладонин, И.И. Антонова, А.В. Иванов, М.М. Карпунин</i>	
ОПЫТ КРУПНОМАСШТАБНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ОБЪЕКТОВ ГЕОХИМИИ ЛАНДШАФТА	64
<i>М.Д. Богданова, М. И. Герасимова, И.П. Гаврилова</i>	
ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО КРУГОВОРОТА КУЛЬТУРАХ ПИХТЫ ЦЕЛЬНОЛИСТНОЙ И ПРОЦЕССЫ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В В ПРЕДЕЛАХ ЕЕ АРЕАЛА.....	66
<i>А.Г. Болдескул, Е.П. Кудрявцева, В.С. Аржанова</i>	
ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА НА ТЕРРИТОРИИ БЕРЕЗИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ.....	67
<i>И. Г. Борисова</i>	
ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ПИРОГЕННЫХ БУРОЗЁМОВ АМУРО-ЗЕЙСКОЙ РАВНИНЫ С.В. Брянин ДИНАМИКА PH ПОЧВ СКЛОНОВ В ПЕРИОД СНЕГОТАЯНИЯ.....	69 71
<i>С.В. Будник</i>	
ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ДЕГРАДАЦИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЗЕМЕЛЬ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	73
<i>С.А. Бузмаков</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТОКСИЧНЫМИ ОРГАНИЧЕСКИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ	74
<i>Г.К. Васильева, Е.Р. Стрижакова, В.С. Яценко, Е.А. Бочарникова</i>	
ТАЕЖНЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ ПРИЛЕНСКОГО ПЛАТО И ИХ ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ	76
<i>Н.В. Власова</i>	
СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ОПАСНОСТИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ	77
<i>Ю.Н. Водяницкий</i>	
ОЦЕНКА СОСТАВА ПОЧВ ПО ДАННЫМ ОПРОБОВАНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОДОТОКОВ..	79
<i>С.А. Воробьев</i>	
ОБ ЭКОЛОГО-РАДИОХИМИЧЕСКОМ РАЙОНИРОВАНИИ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	81
<i>Т.А. Воробьева, А.В.Евсеев</i>	

ФУНКЦИИ, СОСТАВ И СВОЙСТВА ЛЕГКОРАЗЛАГАЕМОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ.....	83
<i>Н.Ф. Ганжара, Б.А. Борисов, Е.В. Злобина</i>	
ПОЧВЫ ОСТЕПНЕННЫХ ГЕОСИСТЕМ ПОДТАЙГИ ТОМСКОГО ПРИОБЬЯ	84
<i>Л.И. Герасько, С.В. Лойко, К.Л. Носкова, И.В. Крицков</i>	
ОПАЛОГЕНЕЗ КАК ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЙ, БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ И ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС: ОПИСАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ	85
<i>Д.Л. Голованов</i>	
ПРОЦЕССЫ МИГРАЦИИ И АККУМУЛЯЦИИ КРЕМНИЕВЫХ ФИТОЛИТОВ В ПОЧВАХ РАЗНЫХ ПРИРОДНЫХ ЗОН.....	87
<i>А.А. Гольева</i>	
КАРТА ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ КАЗАХСТАНА.....	89
<i>И.А. Горбунова, М.И. Герасимова, М.Д. Богданова, О.А. Никитина</i>	
МИГРАЦИЯ РТУТИ В ПОЧВАХ И РАСТЕНИЯХ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ	90
<i>О.Н. Гордеева, Г.А. Белоголова</i>	
ПЕДОГЕННЫЕ СВОЙСТВА ОТЛОЖЕНИЙ ЛЕДОВОГО КОМПЛЕКСА СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ	93
<i>С.В. Губин, О.Г. Занина</i>	
ВЛИЯНИЕ ЦИКЛИЧНОСТИ В РАЗВИТИИ ПРОЦЕССОВ ЛИТО-, КРИО- И ПЕДОГЕНЕЗА НА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЕ В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ ГОЛОЦЕНОВЫХ ПОЧВ	94
<i>Л.А. Гугалинская, В.М. Алифанов</i>	
ГЕОХИМИЯ ЮЖНО-ТАЕЖНЫХ ЛАНДШАФТОВ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЫЛЕГАЗОВЫХ ЭМИССИЙ АЛЮМИНИЕВОГО ЗАВОДА.....	96
<i>Н.Д. Давыдова, Т.А. Знаменская</i>	
ВЛИЯНИЕ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ЛЕСОАГРАРНОГО ЛАНДШАФТА	97
<i>В.В. Демидов, М.П. Волокитин</i>	
ВЕКОВАЯ ДИНАМИКА ЗАСОЛЕННОСТИ ПОЧВ НИЖНЕВОЛЖСКИХ СТЕПЕЙ В СВЯЗИ С ИЗМЕНЧИВОСТЬЮ УВЛАЖНЕННОСТИ КЛИМАТА ЗА ИСТОРИЧЕСКОЕ ВРЕМЯ	99
<i>В.А. Демкин</i>	
ФОССИЛИЗОВАННЫЙ ОРГАНИЧЕСКИЙ УГЛЕРОД В ПАЛЕОПОЧВАХ И ОТЛОЖЕНИЯХ ПЛИОЦЕНОВОГО ВОЗРАСТА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ	100
<i>М.И. Дергачева, Н.В. Вашукевич</i>	
ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ НА РАВНИННЫХ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ (НА ПРИМЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ).....	102
<i>Н.К. Дмитриева, Л.К. Карпов, Е.П. Сорокина</i>	
ГЕОХИМИЧЕСКИЕ СОПРЯЖЕНИЯ В СТРУКТУРЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА БАРАБИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ.....	104
<i>Н.И. Добротворская</i>	
БУФЕРНОСТЬ ПОЧВ ПО ОТНОШЕНИЮ К ТЯЖЕЛЫМ МЕТАЛЛАМ (НА ПРИМЕРЕ РАЙОНА КЫЗЫЛ- ТАШТЫГСКОГО ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ВОСТОЧНОЙ ТУВЕ).....	106
<i>Е.А. Доможакова</i>	
ПОЧВЕННО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОНГОЛИИ	107
<i>Доржготов Д., Батхшииг О.</i>	
АЛЬГОИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ	108
<i>М.Ф. Дорохова</i>	
ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ОЗЕР БАРГУЗИНСКОЙ ВПАДИНЫ.....	110
<i>С.Г. Дорошкевич</i>	

ЭФФЕКТИВНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОИСКОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА ЮГЕ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ	111
<i>Н.Н. Дундуков, А.А. Мясников</i>	
РАДИОНУКЛИДНЫЙ СОСТАВ ПОЧВ ВЫСОКОГОРНЫХ ЛАНДШАФТОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО АЛТАЯ	113
<i>И.А. Егорова, Ю.В. Кислицина, А.В. Пузанов</i>	
ЗАПАСЫ АЗОТА, УГЛЕРОДА В КУСТАРНИЧКОВО-ЛИШАЙНИКОВО-МОХОВОЙ ТУНДРЕ	116
<i>Г.Я. Елькина, Е.М. Лаптева</i>	
КИСЛОТНО-ОСНОВНАЯ БУФЕРНОСТЬ ПОЧВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ	118
<i>М.А. Ересько</i>	
ДИНАМИКА МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В АГРОЧЕРНОЗЕМАХ НА МОНИТОРИНГОВЫХ УЧАСТКАХ ТУВЫ	120
<i>В.Н. Жуланова</i>	
СПОСОБЫ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ СОЛИГОРСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА	122
<i>П.В. Жумарь, А.В. Таранчук</i>	
МИКРОЭЛЕМЕНТЫ И ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИЕ АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ В ПОЧВАХ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ РАЙОНОВ УГЛЕДОБЫЧИ	124
<i>М.П. Завадская, А.С. Цибарт</i>	
ГУМУСООБРАЗОВАНИЕ В ПЕРВИЧНЫХ ПОЧВАХ: РОЛЬ ЛАККАЗ ЛИШАЙНИКОВ	126
<i>А.Г. Заварзина, А.В. Лисов, А.А. Заварзин</i>	
ПОСТУПЛЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ПАУ В ЭКОСИСТЕМЫ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ЛОСИНЫЙ ОСТРОВ» ОТ МОСКОВСКОЙ КОЛЬЦЕВОЙ АВТОДОРОГИ	127
<i>Ю.А. Завгородняя, А.Л. Чикидова, Е.А. Бочарова</i>	
РОЛЬ ГЛЕЕОБРАЗОВАНИЯ И СУЛЬФАТРЕДУКЦИИ В ФОРМИРОВАНИИ СВОЙСТВ ЛИЗИМЕТРИЧЕСКИХ ВОД (МОДЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ)	129
<i>Ф.Р.Зайдельман, С.М.Черкас, Н.Н.Дзизенко,</i>	
МОДЕЛИ ТЕХНОПЕДОГЕНЕЗА НА ФУТБОЛЬНЫХ ПОЛЯХ	131
<i>И.В. Замотаев, В.П. Белобров, Д.Л. Шевелев</i>	
РОЛЬ ПОЧВООБРАЗУЮЩЕЙ ПОРОДЫ В ГЕНЕЗИСЕ ПОЧВ	132
<i>Т.А. Зубкова, Л.О. Карпачевский</i>	
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ ПОГРЕБЕНИЯ ПОЧВ ПО КОНЦЕНТРАЦИИ ¹⁴ C В ИХ ГУМУСЕ	134
<i>И.В Иванов</i>	
МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ БАССЕЙНА РЕКИ АЛАЗЕЯ.....	135
<i>А.З. Иванова</i>	
ГЕОХИМИЯ ПЕДОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РЯДОВ НА ЛЕССОВИДНЫХ СУГЛИНКАХ БЕЛАРУСИ	137
<i>Н.Н. Ивахненко, Т.А. Романова</i>	
ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В БОЛОТНЫХ ЛАНДШАФТАХ СИБИРИ	138
<i>Л.И. Инишева, О.Н. Смирнов, М.А. Вершинин</i>	
СПЕЦИФИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛУГОВЫХ САЗОВЫХ АРЗЫКОВЫХ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ФЕРГАНЫ И ИХ ИЗМЕНЕНИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ОРОШЕНИЯ	141
<i>В.Ю. Исаков, У.Б. Мирзаев</i>	
ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ОСТРОВА РУССКИЙ	142
<i>Л.Б. Исаченкова</i>	
ОЦЕНКА РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА САМООЧИЩЕНИЯ ПОЧВ АЗЕРБАЙДЖАНА ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ОРГАНИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ	144
<i>Н.М. Исмаилов</i>	
ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПОЧВЕННОЙ МИКРОФЛОРЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ ПОЧВ	146
<i>Д.А. Кадирова, М.Э. Саидова</i>	

МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ АЛТАЙСКОГО КРАЯ.....	147
<i>Л.Г. Казанцева</i>	
РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ	149
<i>О.В. Кайданова, Т.М. Кудерина, И.В. Замотаев, Г.С. Шилькрот, С.Б. Сулова, А.В. Кудиков</i>	
ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПОЧВЕННО-ЛАНДШАФТНАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ ЧУКОТСКОГО НАГОРЬЯ	151
<i>Н.А. Караванова</i>	
ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТОРФЯНЫХ ПОЧВ В ДОЛИНЕ р. КЕТА-ИРБО (ЗАПАДНЫЙ СКЛОН ПЛАТО ПУТОРАНА).....	153
<i>Л.В. Карпенко</i>	
ПРИМЕНИМОСТЬ 1N HNO_3 ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ПОЧВ.....	155
<i>М.М. Карпухин, Д.В. Ладонин</i>	
ТИПОМОРФНЫЙ КОМПЛЕКС ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЛАГУННО-МАРШЕВЫХ ЛАНДШАФТАХ ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ.....	157
<i>М.С. Касатенкова, Н.С. Касимов, М.Ю. Лычагин</i>	
ПРОДУКТИВНОСТЬ ФИТОЦЕНОЗОВ ЛУГОВЫХ ЛАНДШАФТОВ ДЕЛЬТЫ РЕКИ СЕЛЕНГИ И НАКОПЛЕНИЕ В НИХ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ.....	159
<i>В.К. Кашин, С.Б. Сосорова</i>	
ГОМЕОСТАЗ – УСТОЙЧИВОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ И ЭКОСИСТЕМ.....	161
<i>А.С. Керженцев</i>	
ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЯНЫМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ НА МИКРООРГАНИЗМЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ПОДДЕРЖАНИИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ.....	162
<i>Н.А. Киреева, А.С. Григориади</i>	
ПОЧВЕННО-ЛАНДШАФТНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ АГРОЛАНДШАФТОВ	164
<i>В.И. Кирюшин</i>	
ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА БЕЛАРУСИ.....	165
<i>Н.В. Клебанович, М.П. Богданович</i>	
БИОГЕОХИМИЯ ЛИГНИНА В ПОЧВАХ РАВНИННЫХ И ГОРНЫХ ЛАНДШАФТОВ	166
<i>И.В. Ковалев, Н.О. Ковалева</i>	
СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ГЕОГРАФИИ, ГЕНЕЗИСЕ И ЭВОЛЮЦИИ ВЕРТИСОЛЕЙ....	168
<i>И.В. Ковда</i>	
ОБ ОСОБЕННОСТЯХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЙОДА И СЕЛЕНА В ГЕОХИМИЧЕСКИ КОНТРАСТНЫХ ЛАНДШАФТАХ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ	169
<i>Е.М. Коробова, В.Ю. Березкин, Н.В. Корсакова, В.Н. Данилова, С.Д. Хушвахтова, Э.М. Седых, Е.И. Чесалова</i>	
ПЕДРАЗНООБРАЗИЕ – ГЕНЕТИКО-ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА.....	171
<i>Т.В. Королюк, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова, С.В. Овечкин</i>	
БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	173
<i>Н.П. Косых</i>	
ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКИХ ЛАНДШАФТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ.....	174
<i>Н.Е. Кошелева, Н.С. Касимов, О.И. Сорокина, Д.В. Власов</i>	
ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД В ЛЕСНОМ ПОЯСЕ ГОР СЕВЕРНОЙ МОНГОЛИИ.....	177
<i>Ю.Н. Краснощеков</i>	
ИЗМЕНЕНИЕ БУФЕРНОЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВ ПО ОТНОШЕНИЮ К КАЛИЮ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ УГЛЕВОДОРОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ РАКЕТНОГО ТОПЛИВА.....	178
<i>П.П. Кречетов, Т.М. Дианова, Т.В. Королева, Е.В. Терская</i>	

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АЭРОЗОЛЕЙ ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЫ В ВЫСОКОГОРНЫХ И ОСТРОВНЫХ ЛАНДШАФТАХ	181
<i>Т.М. Кудерина</i>	
ДИНАМИКА ЕСТЕСТВЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В АКВАЛЬНЫХ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСАХ И ОЦЕНКА ИХ СПОСОБНОСТИ К САМООЧИЩЕНИЮ	184
<i>А.Н. Кузнецов</i>	
БУФЕРНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОЧВ БАСЕЙНА ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА	185
<i>О.В. Кузнецова, О.А. Ельчишникова</i>	
ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА.....	188
<i>Н.В. Кузьменкова, Т.А. Воробьева</i>	
ЛЕСНАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ОТВАЛОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ЮЖНОМ УРАЛЕ: СОСТОЯНИЕ НАСАЖДЕНИЙ И ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ.....	189
<i>А.Ю. Кулагин</i>	
АККУМУЛЯЦИЯ УГЛЕРОДА И АЗОТА В ПОЧВАХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПОЛУПУСТЫНИ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ (ДЖАНЫБЕКСКИЙ СТАЦИОНАР ИЛРАН).....	192
<i>Н.Ю. Кулакова</i>	
О ПУТЯХ МИГРАЦИИ ВОДРАСТВОРИМОГО ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ И ЛАНДШАФТАХ КЕНОЗЕРСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА	194
<i>Г.С. Куст, М.М. Шишкин</i>	
ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГОРНОРУДНЫХ РАЙОНОВ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН	196
<i>А.Н. Кутлиахметов, В.И. Сафарова, Г.Ф. Шайдулина</i>	
ФОРМИРОВАНИЕ БАРЬЕРОВ ОСАЖДЕНИЯ Cs-137 В ПОЙМЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ	197
<i>В.Г. Линник</i>	
ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ БАРЬЕРЫ И ИХ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ.....	199
<i>Д.А. Лопаткин, Н.Д. Давыдова, В.А. Снытко</i>	
ПЕРВИЧНОЕ ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В МЕСТАХ ВЫХОДОВ МИНЕРАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПРЕДБАЙКАЛЬЯ	200
<i>О.Г. Лопатовская, С.Д. Лазарева</i>	
ГЕОХИМИЧЕСКИЕ БАРЬЕРНЫЕ ЗОНЫ В АКВАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТАХ УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ ВОЛГИ	202
<i>М.Ю. Лычагин, Н.С. Касимов, А.Н. Ткаченко</i>	
ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ПОЧВ С ПОЗИЦИЙ УЧЕНИЯ О БИОГЕОХИМИЧЕСКОЙ РОЛИ ЖИВОГО ВЕЩЕСТВА.....	204
<i>А.О. Макеев</i>	
СИСТЕМНО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ДЕТЕРМИНАЦИЯ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВ И ЛАНДШАФТОВ.....	205
<i>Г.С. Макунина</i>	
МЕТАЛЛЫ В ГУМИНОВЫХ КИСЛОТАХ ГОРОДСКИХ ПОЧВ.....	207
<i>В.Г. Мамонтов, Ю.А. Озеров, С.Н. Смартыгин</i>	
АЛЛЮВИАЛЬНЫЕ СЛОИСТЫЕ ПОЧВЫ КРУПНЫХ РЕК ЗЕЙСКО-СЕЛЕМДЖИНСКОЙ РАВНИНЫ	208
<i>А. В. Мартынов</i>	
МИКРОБНАЯ ИММОБИЛИЗАЦИЯ УГЛЕРОДА И АЗОТА В ПОЧВАХ ГОРНО-ТУНДРОВОГО ПОЯСА СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ФЕННОСКАНДИИ.....	210
<i>М.Н. Маслов, М.И. Макаров</i>	
КАРТА ГЕОХИМИЧЕСКИХ ЛАНДШАФТОВ ЮГА РФ.....	212
<i>И.Ю. Матасова, В.В. Дьяченко</i>	
ГЕОХИМИЯ ЛЕНТОЧНЫХ ГЛИН СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ	214
<i>Н.Н. Матинян</i>	

ОСНОВНЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОТОКИ В ЛАНДШАФТАХ БАССЕЙНА р. АМУР (В ПРЕДЕЛАХ РОССИЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ)	215
<i>А.Ф. Махинова, А. Н. Махинов, В.В. Ермошин</i>	
ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕКОТОРЫХ ТЕХНОГЕННЫХ И ПРИРОДНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ АТМОСФЕРЫ НА УРАЛЕ МЕТОДОМ МАРШРУТНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ	218
<i>Ю.Л. Мельчаков</i>	
ГЕОХИМИЯ КАРБОНАТОВ В ПОЧВАХ ДОЛИНЫ СРЕДНЕЙ КАТУНИ	220
<i>С.С. Мешкинова, А.В. Пузанов</i>	
ПОИСКИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ	220
<i>И.С. Михайлов</i>	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЧВЫ КАК СОРБЦИОННОГО БАРЬЕРА В ОТНОШЕНИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛЛЮТАНТОВ	223
<i>Г.С. Морозов, И.П. Бреус</i>	
ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	225
<i>Д.В. Московченко</i>	
РОЛЬ ПОЧВ В ФОРМИРОВАНИИ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЛАНДШАФТОВ К ЗАГРЯЗНЕНИЮ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ	227
<i>Г.В. Мотузова</i>	
ЭКОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ПОСТОЯННОГО ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ	228
<i>Е.В. Напрасникова</i>	
НОВЫЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ТИП ИСКОПАЕМЫХ ПОЧВ ИЗ ВЕРХНЕГО ДЕВОНА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ	230
<i>С.В. Наугольных</i>	
КАРТОГРАФИРОВАНИЕ БАЛАНСА КАЛИЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ БРАЗИЛИИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ	231
<i>А.С. Наумов</i>	
ПОЧВЕННО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИТОРИЙ ПОД ПЛОДОВЫМИ НАСАЖДЕНИЯМИ	233
<i>В.Д. Наумов, Л.М. Наумова</i>	
ТЕХНОГЕННЫЙ ГАЛОГЕНЕЗ В ГОРОДСКИХ ПОЧВАХ ЮЖНО-ТАЕЖНЫХ ЛАНДШАФТОВ (НА ПРИМЕРЕ ВАО МОСКВЫ)	235
<i>Е.М. Никифорова, Н.Е. Кошелева</i>	
ВЛИЯНИЕ МОДЕЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДИЗЕЛЬНЫМ ТОПЛИВОМ И МАЗУТОМ НА СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ТИПОВ ПОЧВ САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ	238
<i>Ю.Г. Никулина</i>	
ОСОБЕННОСТИ РАДИАЛЬНОГО И ЛАТЕРАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ В ПОЧВАХ В УСЛОВИЯХ КАРСТОВОГО РЕЛЬЕФА	239
<i>Е.А. Озерова, Т.А. Пузанова, Е.Н. Асеева</i>	
СПЕЦИФИКА ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ТЕХНОГЕННЫХ АКВАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТАХ	240
<i>А.Ю. Опекунов</i>	
АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ЛАНДШАФТОВ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПОД ВЛИЯНИЕМ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ	242
<i>М.Г. Опекунова, А.Ю. Опекунов, С.Ю. Кукушкин</i>	
ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИМИ ПОЛЛЮТАНТАМИ КАК ФАКТОР ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ДЕГУМИФИКАЦИИ ПОЧВ	244
<i>Е.Е. Орлова, Н.Е. Орлова, Д.А. Самуленков, А.Д. Кирсанов</i>	
ПАЛЕОПОЧВЫ КАК АРХИВ ДЛЯ ИСТОРИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ СВИНЦОМ	245
<i>Т.В. Пампура, В.А. Демкин, А. Пробст</i>	

ГЕОХИМИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА	246
<i>М.С. Панин, М.И. Панина</i>	
ПОЗДНЕГОЛОЦЕНОВАЯ ДИНАМИКА УГЛЕРОДНОГО РЕЗЕРВУАРА ЧЕРНОЗЕМОВ ЮГА РУССКОЙ РАВНИНЫ	248
<i>Л.С.Песочина</i>	
МЕТАЛЛЫ И AS В СОВРЕМЕННЫХ ПОЙМЕННЫХ НАНОСАХ В ДОЛИНЕ Р. ЧЕРНЬ (КУРСКАЯ ОБЛАСТЬ)	250
<i>М.М. Петрик, Е.Н. Асеева</i>	
МИГРАЦИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ РАЙОНА СТРОИТЕЛЬСТВА ТРЕТЬЕЙ ОЧЕРЕДИ АЭРОПОРТА «ШЕРЕМЕТЬЕВО».....	252
<i>А.А. Петров</i>	
ПРОГНОЗНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИЙ ПО ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИМ РИСКАМ ПРИ ДОБЫЧЕ И ТРАНСПОРТИРОВКЕ НЕФТИ (К 30-ЛЕТИЮ ПИОНЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ М.А. ГЛАЗОВСКОЙ).....	254
<i>Ю.И. Пиковский</i>	
ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ПОИСКОВОЙ ГЕОХИМИИ	255
<i>Т.М. Побережная</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ДОПУСТИМЫХ НАГРУЗОК АТМОСФЕРНЫХ ПОЛЛЮТАНТОВ И АНАЛИЗА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ.....	257
<i>И.В. Припутина</i>	
ХАРАКТЕРИСТИКА ПАЛЕОПОЧВ ЗАУРАЛЬЯ И УСЛОВИЙ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ В БРОНЗОВОМ ВЕКЕ	258
<i>В.Е. Приходько, И.В. Иванов, Д.В. Манахов, Н.И. Герасименко, Kazuyuki Inubushi К., М. Kawahigashi, Н. Nagano, S. Sugihara</i>	
Роль фациальности геохимии ландшафтов в географии буроземов приокеанической части юга ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА России	260
<i>Б.Ф. Пшеничников, Н.Ф. Пшеничникова</i>	
О ПОВЕДЕНИИ МЫШЬЯКА В ТЕХНОГЕННОМ ЛАНДШАФТЕ	262
<i>Р.Г. Ревазян, М.Г. Аветисян, Л.А. Араратян</i>	
ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ РИСОПРИГОДНЫХ ПОЧВ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА	263
<i>Н.В. Романова</i>	
К ВОПРОСУ О ПОДВОДНОМ ПОЧВООБРАЗОВАНИИ.....	264
<i>В.И. Росликова</i>	
ИРРИГАЦИОННАЯ И ПОСТИРРИГАЦИОННАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ПОЧВ СТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ ...	265
<i>А.М. Русанов, Е.В. Шейн</i>	
ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ	267
<i>Л.Н. Рябова</i>	
ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ АКТУАЛЬНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ПАХОТНЫХ ПОЧВ	269
<i>И.Ю. Савин</i>	
МЕТАМОРФОЗ ПЕДОСФЕРЫ ПОД ЧЕРНЕВЫМИ ЛЕСАМИ ПРИ СМЕНЕ СУБСТРАТНОЙ ПОРОДЫ В ПРОЦЕССЕ ПЕДОГЕНЕЗА.....	271
<i>А.В. Салтыков</i>	
ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ В РАЙОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ООО «БАЛАКОВСКИЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ».....	272
<i>А.Е. Самонов</i>	
СОДЕРЖАНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫЙ ПОЧВЕ СМОЛЕНСКО-МОСКОВСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ.....	273
<i>О.А. Самонова</i>	

ПОСЛЕДСТВИЯ ПОЖАРОВ В ТРАВЯНИСТЫХ ЭКОСИСТЕМАХ	275
<i>Д.В. Сапронов</i>	
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ПО ПРОФИЛЯМ СОВРЕМЕННЫХ И ПОГРЕБЕННЫХ ПОЧВ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (НА ПРИМЕРЕ ПОСЕЛЕНИЯ МЕРГЕНЬ 6)	276
<i>Л.Р. Сафарова, А.С. Якимов</i>	
ЛАНДШАФТНО- И ПОЧВЕННО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЛАНДШАФТНОМ ПЛАНИРОВАНИИ	278
<i>Ю.М. Семенов, Л.Н. Семенова, Л.В. Данько, Н.А. Кочеева, А.В. Шитов, Н.Н. Лазарева, А.С. Адамова</i>	
ВЛИЯНИЕ УНАЛЬСКОГО ХВОСТОХРАНИЛИЩА НА ГЕОХИМИЮ ПОЧВ ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ (СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ)	279
<i>И.В. Семенова, В.А.Петров</i>	
РАДИАЛЬНАЯ МИГРАЦИЯ ВЕЩЕСТВА В ГЕОСИСТЕМАХ ПРИБАЙКАЛЬЯ	282
<i>Л.Н. Семенова, Ю.М. Семенов, В.А. Снытко</i>	
ВЫВЕТРИВАНИЕ И ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В УСЛОВИЯХ ПЕЩЕР И ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК	283
<i>А.А. Семиколенных</i>	
БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАВЯНИСТОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА	284
<i>М.Ш. Сибгатуллина, Д.В.Иванов</i>	
О ПРОЯВЛЕНИИ ПЕРВИЧНОГО ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ НА НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ПОЛУПУСТЫНИ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ	285
<i>М.Л. Сиземская</i>	
ГЕОХИМИЯ ЛАТЕРИТНЫХ ЛАНДШАФТОВ	287
<i>А.Д. Слукин</i>	
КАТЕНАРНЫЕ СОПРЯЖЕНИЯ ПОЧВ СКЛОНОВ КАРСТОВЫХ ВОРОНОК КЫЗЫЛАДЫРСКОГО КАРСТОВОГО ПОЛЯ	288
<i>М.А. Смирнова</i>	
ГЕОХИМИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ СУЛЬФИДНО-ВОЛЬФРАМОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ 290	
<i>О.К. Смирнова, С.Г. Дорошкевич</i>	
ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ СУПЕРАКВАЛЬНЫХ ПОЧВ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	291
<i>Е.Н. Смоленцева</i>	
ВНУТРИВЕКОВЫЕ ЦИКЛЫ МИГРАЦИИ ВЕЩЕСТВА В СТЕПНЫХ ГЕОСИСТЕМАХ ЗАБАЙКАЛЬЯ	294
<i>В.А. Снытко, О.И. Баженова, Г.Н. Мартыянова, С.С. Дубынина</i>	
ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЧВ И НАСАЖДЕНИЙ БРЯНСКОГО ЛЕСНОГО МАССИВА	295
<i>Л.А. Соколов, М.Н. Неруш</i>	
АНТИСТРЕССОВОЕ И РОСТСТИМУЛИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ГУМАТОВ НА РАСТЕНИЯ ПРИ РЕМЕДИАЦИИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ГОРОДСКИХ ПОЧВ	296
<i>Д.С. Соколова, С.Я. Трофимов, А.А. Степанов</i>	
ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ УРОЧИЩА БАРСОВА ГОРА И ОКРЕСТНОСТЕЙ (СРЕДНЕЕ ПРИОБЬЕ)	298
<i>Е.П. Сорокина, Н.Б. Левина, В.А. Ткаченко, В.Н. Тюрин</i>	
ОТРАЖЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ НА ПРИКЛАДНЫХ ПОЧВЕННЫХ КАРТАХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЦИФРОВЫХ МЕТОДОВ	300
<i>Н.П. Сорокина (1), Д.Н. Козлов (2)</i>	
МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ПОЙМЕННЫХ ПОЧВ ДОЛИНЫ РЕКИ УРКАН (БАССЕЙН РЕКИ АМУР)	302
<i>О.А. Сорокина</i>	

СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ТИПОВ ПОЧВ БАССЕЙНА ОЗЕРА КОТОКЕЛЬСКОЕ (ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)	303
<i>С.Б. Сосорова, М.Г. Меркушева, Л.Л. Убузунов</i>	
ЛАНДШАФТНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОИСКОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (НА ПРИМЕРЕ ПРИМОРСКОГО КРАЯ)	304
<i>В.Т. Старожилов</i>	
ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ И ГРУНТОВ КАК ОБЪЕКТ ПРИКЛАДНЫХ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ.....	306
<i>В.И. Стурман, В.М. Габдуллин</i>	
ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОНОВЫХ ЛАНДШАФТОВ ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА ОЗЕРА СЕЛИГЕР)	308
<i>С.Б. Сулова, Т.М. Кудерина, Г.С. Шилькрот</i>	
ГЕОРАДАРНОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЧВ И ПОРОД	310
<i>В.В. Сысуев, Б.П. Шевченко</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМ	313
<i>В.В. Сысуев</i>	
БИОГЕННАЯ МИГРАЦИЯ ЗОЛОТА В ЛАНДШАФТАХ ЗОЛОТОРУДНЫХ ПОЛЕЙ ГОЛЬЦОВОЙ ЗОНЫ ВОСТОЧНОГО САЯНА	315
<i>Т.Т. Тайсаев</i>	
ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ КАРАБАШСКОГО МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО КОМБИНАТА ПОСЛЕ ЕГО МОДЕРНИЗАЦИИ.....	317
<i>Ю.Г. Тацкий</i>	
ОСОБЕННОСТИ БИОПРОДУКТИВНОСТИ ПОСТАГРОГЕННЫХ ПОЧВ ЮЖНОЙ ТАЙГИ	318
<i>В.М. Телеснина</i>	
ИМПУЛЬВЕРИЗАЦИЯ АЭРОЗОЛЕЙ И ГЕОХИМИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПРОЦЕССОВ В ДЕЯТЕЛЬНОМ СЛОЕ	320
<i>М.П. Тентюков</i>	
ГЕОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	322
<i>Н.Я. Трефилова, А.И. Ачкасов</i>	
БИОФИЛЬНОСТЬ ЩЕЛОЧНЫХ, ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВЕРХОВОМ ТОРФЕ, ЗАГРЯЗНЕННОМ ШЛАМАМИ И НЕФТЬЮ	323
<i>С.Я. Трофимов, Ю.Н. Водяницкий, Н.А. Аветов, А.Т. Савичев,</i>	
ИЗОТОПНАЯ ГЕОХИМИЯ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЮЖНОГО УРАЛА	324
<i>В.Н. Удачин (1), П.Г. Аминов (1), Б. Спиро (2), Б. Вильямсон (2), Д. Вейсс (3)</i>	
БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЧВ СЕМИАРИДНЫХ ГОРНО-ЛЕСНЫХ ЛАНДШАФТОВ СУБТРОПИЧЕСКОГО ПОЯСА.....	327
<i>Т.Ю. Ульянова</i>	
ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В КРИОЛИТОЗОНЕ (НА ПРИМЕРЕ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ПЛАТО ПУТОРАНА)	329
<i>А.А. Усачева, И.А. Горбунова</i>	
ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ УРБОГЕОСИСТЕМ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ЭКОФИТОИНДИКАЦИИ	331
<i>М.Д. Уфимцева, Н.В. Терехина</i>	
БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ИХ РОЛЬ В МАССОПЕРЕНОСЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АКВАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТАХ	332
<i>Ю.А. Федоров, А.В. Михайленко, И.В. Доценко</i>	
ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИЙ И СТОКА МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В РЕКАХ СЕВЕРА РУССКОЙ РАВНИНЫ	334
<i>В.А. Федорова</i>	
ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТИ ЭКОСИСТЕМ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ РАКЕТ	335
<i>А.Н. Филаретова</i>	

МАЛОРАЗМЕРНЫЕ ЧАСТИЦЫ РУДНЫХ МИНЕРАЛОВ РЫХЛЫХ ОТЛОЖЕНИЙ КАК ИНДИКАТОРЫ СКРЫТЫХ РУД ДРАГОЦЕННЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ В ВЫСОКОГОРНЫХ ОБЛАСТЯХ СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ	337
<i>Л. Г. Филимонова</i>	
ВЕБ-КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ	338
<i>Т.С. Хайбрахманов</i>	
ВЛИЯНИЕ СТОКОВ СОЛЕОТВАЛА КАЛИЙНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ХИМИЗМ ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ГИДРОСФЕРЫ	340
<i>Е.А. Хайрулина, Н.Г. Максимович</i>	
ГЕОХИМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТРАНСФОРМАЦИИ И ИНДИКАЦИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРИ ИХ ВЕРТИКАЛЬНОЙ МИГРАЦИИ В ЛАНДШАФТАХ	342
<i>А.П. Хаустов, М.М. Редина</i>	
ЛИТОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ СЛИТОГЕНЕЗА (ВЕРТИГЕНЕЗА) В ПОЧВАХ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНЫХ ОБЛАСТЕЙ	344
<i>Н.Б. Хитров, Ю.И. Чевердин, Н.П. Чижикова, Л.В. Роговнева</i>	
ИЗМЕНЕНИЕ ЗАПАСОВ ПЕДОГЕННОГО УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ РАСПАШКИ В СРЕДНЕРУССКОЙ ЛЕСОСТЕПИ	345
<i>О.С. Хохлова, Т.Н. Мякишина, Ю.Г. Чендев</i>	
ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЛАНДШАФТАХ МОРЕННЫХ РАВНИН	347
<i>М.А. Хрусталева</i>	
ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО КРУГОВОРОТА ¹³⁷ Cs и ⁴⁰ K В АГРОЛАНДШАФТАХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ	349
<i>О.Б. Цветнова, А.И. Щеглов</i>	
ЭВОЛЮЦИЯ АВТОМОРФНЫХ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ЛЕСОСТЕПИ В РЕЗУЛЬТАТЕ РАСПАШКИ	351
<i>Ю.Г. Чендев, А.Л. Александровский, О.С. Хохлова, Е.А. Заздравных</i>	
ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ЛАНДШАФТОВ КОСМОДРОМА БАЙКОНУР К ТЕХНОГЕННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС	353
<i>О.В. Черницова, П.П. Кречетов, Т.В. Королева, В.В. Неронов</i>	
СОСТАВЛЕНИЕ КАРТ ТЕХНОГЕННОГО ДАВЛЕНИЯ НА АГРОЛАНДШАФТЫ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ	354
<i>Н.К. Чертко, А.А. Карпиченко</i>	
ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ В ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ НАЗАРОВСКОЙ КОТЛОВИНЫ	356
<i>В.В. Чупрова, Л.С. Шугалей</i>	
БИОХИМИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ ЛЕГКОГИДРОЛИЗУЕМЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ЛАНДШАФТАХ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ТЕРРИКОНОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ	358
<i>А.В. Шарпова</i>	
ТЯЖЁЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ	359
<i>И.С. Шварёва, В.И. Комаров</i>	
РАДИОАКТИВНОСТЬ ЦЕЗИЯ-137 В СФАГНОВЫХ МХАХ ВЕРХОВЫХ БОЛОТ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ	362
<i>В.П. Шевченко, Д.А. Филиппов, Р.А. Алиев</i>	
МИГРАЦИЯ ФОСФОРА В СИСТЕМЕ ПОЧВА–ГРУНТОВЫЕ ВОДЫ В СЕЛЬСКИХ ЛАНДШАФТАХ ЛЕСНОЙ ЗОНЫ	363
<i>Г.С. Шилькрот</i>	
ОСОБЕННОСТИ ГРУППОВОГО СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА РУСЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РЕКИ ПАХРЫ	365
<i>Е.П. Янин</i>	

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

УДК 911.2:550.4

ГЕОХИМИЯ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

Н.С. Касимов

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: secretary@geogr.msu.ru

Введение. В последней трети XX века в связи с ухудшением состояния окружающей среды все большее внимание ученых, а затем и лиц, принимающих политические и экономические решения, стали привлекать экологические проблемы. Это способствовало становлению в рамках традиционных естественных, социальных и технических наук особого междисциплинарного цикла наук об окружающей среде (Environmental Sciences), где основное внимание фокусировалось на различных сторонах антропогенного воздействия на природную среду.

Так, в химии это привело к появлению целого комплекса научных направлений, объектом изучения которых являются химические процессы в окружающей среде, связанные с деятельностью человека, такие как *Химия окружающей среды* или *Экологическая химия*, возникло особое направление *Зеленая химия*, связанное с производством экологически чистых химических продуктов, *Экотоксикология* и др. Для химии окружающей среды в значительной степени характерен геосферный подход: ее основными разделами являются химия атмосферы, химия гидросферы и т.д.

В биологии биосферная концепция привела к возрастанию роли экологии как науки о взаимодействии организмов и окружающей среды. Ключевым понятием стали представления об «экосистеме» как единице структурной организации биосферы разной размерности. Из-за междисциплинарного характера экологической проблематики понятие «экология», особенно в России, в значительной мере утратило свое биоэкологическое содержание (организм – среда) и превратилось в еще достаточно рыхлый конгломерат научных направлений разных наук, занимающихся проблемой современных изменений всех геосфер Земли, а не только биосферы, под влиянием деятельности человека. Такое широкое понимание экологии как науки с одной стороны размывает ее научное содержание, но с другой в большей степени соответствует сложившемуся в мире циклу наук об окружающей среде (не ecology, а environmental sciences).

В науках о Земле развитие учения о биосфере выразилось еще при жизни В.И.Вернадского в создании им новой большой отрасли геохимии – *биогеохимии* и разработке лежащих в ее основе представлений о важнейшей роли биогенной миграции химических элементов, осуществляющейся в результате жизнедеятельности организмов. Время показало, что биогеохимия вышла за рамки своей материнской науки – геохимии, которая в значительной мере сохранила до сих пор свою геологическую направленность, и стала базовой концептуальной основой многих научных направлений, исследующих химические, биогеохимические, геохимические изменения, протекающие в биосфере Земли.

В современном понимании биосфера является не только средой жизни и наряду с атмосферой, гидросферой и литосферой отдельной геосферой Земли, а представляет собой глобальную биокосную систему, где в неразрывной связи существуют инертное вещество в твердой, жидкой и газовой фазах, а с другой – разнообразные формы жизни и их метаболиты (Перельман, 1977; Добровольский, 2003 и др.). В настоящее время существенно изменилось представление о роли живого вещества в эволюции Земли. Участие жизни в геологических процессах на самой ранней стадии развития Земли все больше подтверждает мнение Вернадского о жизни как планетарном, геологическом, а учитывая появление и развитие человечества – геосферно-биосферном явлении.

В середине XX века развитие геохимии и биогеохимии, почвоведения и создание ландшафтоведения привели к появлению на стыке этих наук нового научного направления – *геохимии ландшафтов*, предметом которой является изучение миграции химических элементов в ландшафтах (Полынов, 1956; Перельман, 1955, 1975; Глазовская, 1964, 1988 и др.). На первых этапах своего становления развитие теории и методологии геохимии ландшафтов было связано с геохимическим изучением природных ландшафтов, а в прикладном плане – геохимическими поисками рудных месторождений.

Благодаря трудам М.А.Глазовской, А.И.Перельмана, В.В.Добровольского геохимия ландшафтов стала одной из первых естественных наук, основной целью которой в дальнейшем явилось изучение техногенной геохимической трансформации ландшафтов. В собственно биогеохимии работы В.В.Ковальского (1973) и его учеников практически одновременно привели к становлению другого нового научного направления – *геохимической экологии*, акцентировавшей внимание на реакциях животных и растений на изменения геохимических условий среды и уровней содержания химических элементов в водах, породах и почвах. Как справедливо считает В.В.Ермаков (1993), геохимия ландшафтов и геохимическая экология взаимно дополняют друг друга, отражая два подхода (ландшафтно-геохимический и биогеохимический) к изучению экологических проблем.

Теория и практика геохимических поисков полезных ископаемых, расцвет которых пришелся на 60-80 гг. XX века, послужили методологической базой для применения геохимических методов при исследованиях загрязнения окружающей среды и становлению в недрах геохимии нового научного направления – *геохимии окружающей среды или экогеохимии*, созданного в конце 70-х годов XX века (Саев и др., 1990; Янин, 1993, 1999; Алексеенко, 2000 и др.). Основными объектами таких эколого-геохимических оценок явились крупные

и другие промышленные города страны. За рубежом это направление получило название Environmental Geochemistry. В определенной степени оно представляет собой гибрид между геохимией и биогеохимией (Hannigan, 2007), но в большей степени ориентированно на оценку геохимического влияния на окружающую среду горнодобывающей промышленности, а также на загрязнение почв, поверхностных и грунтовых вод (Concepts..., 2007, Rose, Shea, 2007 и др.). Исследования по геохимии окружающей среды городов, будучи направленными на выявление техногенных геохимических аномалий, носили в основном инвентаризационно-оценочный характер (Kelly, Thornton, 1996 и др.). Методология геохимии окружающей среды получила широкое распространение в нашей стране. На ее основе были выполнены эколого-геохимические оценки десятков городов и других источников антропогенного воздействия на среду во многих регионах.

Геохимия ландшафтов, тесно связанная с другими науками об окружающей среде объектом (поверхность Земли) и методами (химические, геохимические) исследования, в целом имеет иные методологические принципы. Если первые больше исследуют химический состав геосфер Земли (атмосферы, литосферы, гидросферы, биосферы) и его глобальные изменения под воздействием человеческой деятельности, то методология геохимии ландшафта связана с сопряженным анализом техногенных потоков вещества в целостных ландшафтно-геохимических системах преимущественно локального и регионального уровней.

Ландшафтно-геохимический анализ состояния окружающей среды отдельных районов и источников воздействия в большей степени направлен не на инвентаризацию загрязнения, а на исследование миграции загрязняющих веществ в ландшафтах, роли природных факторов в трансформации техногенных потоков, метаболизма поллютантов в ландшафтах под влиянием зонально-провинциальных региональных и локальных особенностей тех или иных территорий.

В 70-е годы в связи с появлением новой области ее практического применения – решением проблемы загрязнения окружающей среды, начался быстрый рост геохимии ландшафтов и становление важнейшего сейчас ее раздела – геохимии техногенных ландшафтов или экогеохимии ландшафтов.

Экогеохимия ландшафтов изучает распределение, миграцию, трансформацию и аккумуляцию загрязняющих веществ (тяжелых металлов, углеводородов и др.) в ландшафтах различных таксономических уровней – от регионального до локального. Важной ее составляющей является изучение ответных реакций биокосных ландшафтных систем на техногенное воздействие выражающихся в трансформации их геохимической структуры и функционирования, что является ключевым индикатором изменения их экологического состояния и устойчивости природных геосистем к техногенным воздействиям.

Становление и развитие теории и методологии экогеохимии ландшафтов началось еще в конце 60-х годов прошлого века с появления статей М.А.Глазовской (1968, 1972) о техногенезе, ландшафтно-геохимическом прогнозировании и технобиогеомах – специальных физико-географических районах, обладающих сходной ответной реакцией на поступление в окружающую среду органических и минеральных загрязнителей. В целомном виде этот подход был реализован в ряде фундаментальных монографий М.А.Глазовской и А.И.Перельмана и их учеников (Техногенные потоки..., 1981; Добыча..., 1982; Ландшафтно-геохимические основы..., 1989; Пиковский, 1993; Экогеохимия..., 1995; Глазовская, 1997; Солнцева, 1998; Алексеенко, 2000; Башкин, Касимов, 2004; Нефть..., 2008), а также учебных пособий (Глазовская, 1988; Перельман, 1975, 1989 и др.).

К XXI веку геохимия ландшафтов подошла сформированной наукой со своими теоретическими основами, понятийным аппаратом и прикладными разработками. Итоги развития геохимии ландшафтов на современном этапе были подведены в ряде работ (Перельман, Касимов, 1999; Алексеенко, 2000; Геохимические барьеры..., 2002; Глазовская, 2002; Геохимия биосферы, 2006; Касимов, Геннадиев, 2008).

В сообщении и докладе приводятся результаты ландшафтно-геохимических исследований, проведенных в последние 5-7 лет.

Каскадные ландшафтно-геохимические системы. Потоковые (векторные) природные системы локальной и региональной размерности всегда являлись основными объектами геохимии ландшафтов. В первую очередь это были многочисленные геохимические сопряжения или почвенно-(ландшафтно-) геохимические катены, по которым получены многочисленные данные о радиальной и латеральной геохимической структуре, что послужило основой для формулирования *закона Польшова*: потоки вещества в ландшафтах имеют системообразующее значение и определяют их геохимическую структуру (Касимов, 2002).

Катенарная концепция (Неуструева-Милна-Польшова). Более подробно ландшафтно-геохимические аспекты этой концепции и систематика катен рассматривались ранее (Касимов, Перельман, 1992; Касимов, 2002; Геннадиев, Касимов, 2008 и др.). Как считает автор, главное, что следует из катенарной парадигмы, катены – это трехмерные тела, занимающие определенный объем, являющиеся подсистемами в каскадных ландшафтно-геохимических системах более высоких порядков – аренах, речных бассейнах и др., что определяет методологию и методику их изучения и картографирования (Касимов и др., 2012).

Катенарные исследования последних лет были связаны с изучением этапов формирования и эволюции лагуно-маршевых ландшафтно-геохимических катен на западном побережье Каспийского моря в связи с регрессивными и трансгрессивными циклами колебаний уровня моря. Установлено новое явление – металлизация (накопление тяжелых металлов) в образованных в трансгрессивное время (1978–1995) маршевых ландшафтах (Касатенкова, 2011; Касимов и др., 2012). Продолжались исследования фоновой ландшафтно-геохимической структуры зональных ландшафтов. Разработаны представления о полиструктурности фазовых состояний химических элементов в ландшафтно-геохимических катенах.

Бассейновый ландшафтно-геохимический анализ. На региональном уровне основными объектами ландшафтно-геохимических исследований являются речные бассейны разных порядков. Получило развитие

новое направление – геохимия аквальных ландшафтов с детальным изучением потоков до химических элементов в системе вода – взвешенное вещество – макрофиты – донные отложения. Подведены итоги многолетних исследований геохимии аквальных ландшафтов дельты Волги (см. ниже). Начаты комплексные ландшафтно-геохимические и гидрологические исследования бассейна р. Селенга для оценки влияния промышленных городов, горнодобывающего производства и сельского хозяйства на территории Монголии и России на экологическое состояние оз. Байкал.

Геохимия дельтовых ландшафтов. Дельтовые ландшафты как конечные звенья каскадных играют важнейшее индикаторное значение для оценки экологического состояния ландшафтно-геохимических речных бассейнов. Подведены итоги многолетних (1993-2011) ландшафтно-геохимических исследований аквальных ландшафтов дельты Волги. Выделены типы аквальных дельтовых ландшафтов, уточнены представления о подводных почвах и предложена их систематика, оценены факторы пространственной и профильной геохимической дифференциации подводных почв (гранулометрический состав, гидродинамический режим, мутность, щелочно-кислотные и окислительно-восстановительные условия). Определены региональный фон ТМ в дельте, геохимическая и биогеохимическая специализация типов аквальных ландшафтов, выявлена система барьерных зон, на которых происходит аккумуляция тяжелых металлов, сезонная изменчивость концентраций ТМ в воде и взвешенном веществе, рассчитан среднегодовой баланс ТМ в дельте Волги (Лычагин и др., 2010; Ткаченко, 2011 и др.).

Геохимия техногенных ландшафтов. Следует отметить новые оценки технофильности химических элементов на начало XXI века и разработку представлений об экологических портретах городов России, выполненные в самое последнее время.

Общие вопросы техногенеза. Технофильность (Т) химических элементов как отношение ежегодной добычи элемента к его кларку (Перельман, 1975) отражает основные тренды извлечения вещества из недр Земли на определенной стадии развития цивилизации с учетом регулирующей роли кларка. Новые расчеты технофильности показали рост Т редких элементов в первое десятилетие этого века, падение технофильности Hg и стабильное положение Cd, что указывает на осознание обществом опасности широкого использования токсичных металлов в технике и технологиях. Предложено понятие «региональная технофильность», которое отражает технофильность отдельных стран и регионов (Касимов, Власов, 2012).

Экологический портрет городов России. Города как центры сосредоточения промышленности, транспорта и промышленно-бытовых отходов являются одним из самых мощных источников техногенного геохимического воздействия на окружающую среду. В настоящее время проведен сравнительный эколого-геохимический анализ городов России (свыше 200 городов) по оценке степени эмиссии загрязняющих веществ промышленностью и транспортом, ее изменений в зависимости от уровня экономического развития страны в последние десятилетия и особенностей имиссии поллютантов, определяемой местными факторами их перераспределения. Рассчитаны традиционные и предложен ряд новых коэффициентов, показывающих уровень и опасность техногенной нагрузки на территории городов и население (эмиссионной нагрузки, плотности выпадений, имиссии, экологического риска, мультипликативный и др.). Выявлены группировки городов по степени загрязнения. Показана необходимость использования при оценках экологического состояния городов интегрированной системы индикаторов (Битюкова и др., 2011; Касимов и др., 2012).

Геохимия городских ландшафтов. В последней четверти XX века были созданы основы геохимии окружающей среды городов и геохимии (экогеохимии) городских ландшафтов (Геохимия..., 1990; Экогеохимия..., 1995 и др.). На кафедре геохимии ландшафтов и географии почв проведены эколого-геохимические оценки Братска, Магнитогорска, Новгорода, Тольятти, Иновроцлава (Польша), Моа (Куба), Улан-Батора (Монголия) и других городов (Экогеохимия..., 1995). В последние годы эти исследования возобновились на территории Восточного округа Москвы путем сравнительного анализа полей загрязнения тяжелых металлов, полученных в результате геохимических съемок 1989, 2005 и 2010 гг., что позволило оценить основные тренды поведения тяжелых металлов в снежном и почвенном покровах округа, выявить скорость изменения техногенной геохимической нагрузки, пространственную структуру и многолетнюю динамику формирования техногенных аномалий ТМ и ПАУ в городских почвах и степень их экологической опасности (Касимов, Никифорова, Кошелева, 2010; Никифорова, Кошелева, Касимов, 2011; Никифорова, Кошелева, 2011; Касимов и др., 2012). Продолжены эколого-геохимические оценки промышленных городов Монголии – Улан-Батора, Дархана, Эрдэнета. Установлена геохимическая специализация специфического только для монгольских городов типа расселения – юрточной застройки, где загрязнение воздуха, снега, растительности и почв определяются поступлением ТМ в окружающую среду при повсеместном точечном сжигании угля (Кошелева и др., 2010; Касимов и др., 2012).

Ракетно-космическая деятельность и окружающая среда. Основными видами воздействия ракетно-космической деятельности на окружающую среду являются механическое повреждение почвенно-растительного покрова на местах падений отдельных частей ракет-носителей и химическое загрязнение компонентов экосистем в районах стартовых комплексов и местах падений отработавших ступеней. Последнее особенно опасно, если в качестве ракетного топлива используется высокотоксичное вещество – несимметричный диметилгидразин (НДМГ). Максимальной техногенной нагрузке подвержены районы падения первых ступеней ракет-носителей, при падении которых компоненты ракетного топлива и продукты горения попадают в атмосферу и почвы.

Эколого-геохимические исследования, проводимые с 1991 года географическим факультетом МГУ на местах падения первых ступеней ракет-носителей «Протон» различной давности, установили формирование точечных локальных контрастных аномалий НДМГ в почвах непосредственно на местах падения и его

отсутствие в почвах, воде и снеге вне мест обнаружения обломков ступеней (Кречетов и др., 2008). Полевое моделирование поведения НДМГ в лесных и полупустынных почвах впервые позволило установить влияние свойств почв на миграцию компонентов ракетного топлива в различных природных зонах, выявить роль различных геохимических барьеров в аккумуляции НДМГ в почвах. Оценено влияние компонентов ракетного топлива на растительность (Касимов и др., 2006).

Ландшафтно-геохимическое картографирование. Вклад М.А.Глазовской в картографическую сферу геохимии ландшафтов включает три главных направления – методологическое, классификационное и собственно картографическое, выразившееся в создании первой ландшафтно-геохимической карты мира. Развитием ее идей явилось создание новой Ландшафтно-геохимической карты для Национального Атласа России м-ба 1:15 000 000 (2007). В целом сохраняя факторно-субстантивную основу содержания, эта карта отличается процессно-структурной направленностью, несет информацию о ландшафтно-геохимических процессах и миграционных геохимических структурах (Касимов и др., 2010).

В преемственности идей основателей геохимии ландшафтов – Б.Б.Полынова, М.А.Глазовской и А.И.Перельмана мы видим необходимую основу для дальнейшего развития этой науки.

УДК 631.47

ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЧВ

А.Н. Геннадиев

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: gennad@geogr.msu.ru

Мария Альфредовна Глазовская внесла выдающийся вклад в разработку теоретических основ современного географо-генетического почвоведения и обогащение его новым фактическим содержанием. В настоящем сообщении речь идет о работах кафедры геохимии ландшафтов и географии почв географического факультета МГУ последних лет, которые тесно связаны с почвенно-генетическими и почвенно-географическими представлениями М.А. Глазовской и продолжают научный поиск в разрабатывавшихся ею направлениях. Это исследования природных и техногенно-измененных почв, касающиеся факторов почвообразования и генезиса почв, почвенной эволюции и стадийности формирования почв, геохимии различных веществ в почвах.

Факторы почвообразования и генезис почв

При изучении этого круга вопросов основной акцент делался на наименее изученных динамичных и локальных факторах почвообразования, таких как денудационно-аккумулятивные процессы, карстовые явления, лесные пожары, гидротермальные воздействия и др. С помощью нового метода магнитного трассера были установлены скорости, стадии и объемы *денудационно-аккумулятивных явлений* на распаханых и неосвоенных территориях в пределах России и США, выявлены специфические особенности этих процессов на склонах различной конфигурации и экспозиции и их влияние на свойства почв. На основе полученных результатов обоснована типизация склоновых сопряжений почв по количественным проявлениям латеральной механической миграции вещества (ММВ) с выделением трех таксономических уровней: первый – по интенсивности ММВ, второй – по степени миграционной открытости склоновых почвенных сопряжений, третий – по особенностям локализации зон намыва вещества почв на склонах [1, 2]. Особые сочетания факторов почвообразования создаются на *карстовых территориях*, однако особенности развития почв в их пределах изучены слабо. Сотрудниками кафедры впервые проведены детальные исследования почвенных катен, формирующихся на склонах карстовых воронок. Выявлены общие и специфические характеристики склоновых почвенных сопряжений, приуроченных к карстовым воронкам различного диаметра и находящихся в разных ландшафтных условиях (северо-таежные и степные ландшафты, ландшафты широколиственных лесов и др.). В виде наиболее общей тенденции установлено, что от почв верхней части склонов карстовых воронок к нижним частям склонов происходит ослабление радиальной дифференциации почв и уменьшение вариабельности их свойств в связи с усилением латеральной составляющей миграции почвенного вещества [3]. Весьма актуальным в последнее время оказывается оценка влияния на состояние почв *лесных, болотных и степных пожаров*. Проведенные в Хакасии, Псковской, Амурской и других областях исследования пирогенных рядов почв позволили выявить тренды изменения различных свойств в их пределах. В почвах, пройденных огнем, как правило, возрастает содержание органического углерода, расширяется отношение $Stk/C_{фк}$, возрастает магнитная восприимчивость и уменьшается кислотность. Исключение составляют почвы крутых каменистых склонов, где гумусированность уменьшается, а значения рН падают из-за усиления промывания почв, а также торфянистые почвы, в которых сгорает часть органического материала [4]. Влияние на почвы *гидротермального процесса* как фактора почвообразования исследовалось на Камчатке [5] и в Исландии [6]. Были выделены экзотемпературные и эндотемпературные почвы, предложена их систематика и номенклатура, определены степень гумусированности, кислотно-основные свойства, магнитная восприимчивость, минералогический состав и др. Показано, что поскольку гидротермальные системы динамичны во времени, температурные очаги активизируются и затухают, меняют свое положение, то описание почвенных характеристик правомерно лишь на данный момент времени, в целом по отдельно взятым гидротермальным полям. Установлено, что эндотемпературные почвы на различных пролювиальных, делювиальных, эоловых отложениях и коренных породах имеют близкий минералогический состав, а различия между ними обусловлены интенсивностью и продолжительностью воздействия гидротермального фактора. Весьма специфичной комбинацией факторов почвообразования характеризуется *оазисное почвообразование* в крайнеаридных условиях, изученное на примере Монголии. Наиболее характерными компонентами почвенного покрова здесь являются автоморфные оазисные такыровидные почвы с иллювиально-метаморфическим

горизонтом и гидроморфные луговые темноцветные почвы, засоляющиеся при близком к поверхности уровне залегания пресных (слабоминерализованных) грунтовых вод [7].

Эволюция почв и стадийность почвообразования

М.А. Глазовская придавала большое значение изучению проблемы развития почв во времени. Ею были сформулированы представления о почвенно-генетических регионах – территориях, отражающих различные фазы истории почвенного покрова и отличающихся специфическими особенностями эволюции почв [8]. На базе этих разработок на кафедре были обоснованы *модели голоценового формирования почв* для широкого спектра биоклиматических и тополитологических условий, развита концепция изохронных арен почвообразования и хронокоррекции почвообразовательного потенциала среды, развиты положения о стадийной гетерохронности сопряжено эволюционирующих элементов педокомбинаций [9]. Получены новые эволюционно-хронологические данные как для почв территорий, имеющих длительную историю изучения, так и для впервые обследованных районов. Так, для лесостепной зоны Среднерусской возвышенности были выделены два *основных этапа естественного голоценового развития почвенного покрова*: более ранний монотипный черноземный и более поздний политипный черноземно-серо-лесной. Установлено, что для агротехногенной эволюции почв региона характерен обратный тренд – от политипного черноземно-серо-лесного этапа к монотипному черноземному. [10]. К настоящему времени голоценовое развитие почв водораздельных поверхностей Восточно-Европейской равнины изучено в целом значительно более основательно, чем изменения во времени почвенного покрова речных террас данной территории. В этой связи были проведены исследования *эволюции террасовых почв* в лесостепном и степном Заволжье, установлены скорости трансформации гумусового, карбонатного и солевого почвенных профилей, показано, что стадии изменения почв высоких террас характеризовались относительно малой контрастностью и происходили синхронно с изменениями почв водораздельных территорий. Стадии эволюции почв низких речных террас были более контрастными и имели отчетливый тренд к остепнению – рассоление и осолонцевание верхней части почвенного профиля [11]. Новые данные были также получены при изучении стадий и общей направленности изменения подзолистых *почв в сукцессионных рядах восстановления широколиственно-хвойных лесов* после вырубок и посадок ели. Выявлено, что свойства почв на различных стадиях определяются в большей степени возрастом вырубки, а не принадлежностью к эписоциации. Специфичность стадий характеризуется различными комбинациями процессов поверхностного оглеения и гумусонакопления. Показано, что одной из причин ускоренных темпов восстановления почв является глобальное потепление климата последних десятилетий [12].

Геохимия элементов и соединений в почвах

С именем М.А.Глазовской связано создание научных основ общей теории миграции природных и техногенных веществ в природной среде, в том числе в почвах. На кафедре геохимии ландшафтов и географии почв выполнен обширный комплекс исследований, посвященный поведению в почвенном покрове тяжелых металлов, пестицидов, углеводородных соединений. Актуальность изучения последних особенно возрастает в настоящее время в связи с высокой опасностью загрязнения окружающей среды нефтью и нефтепродуктами. В этом контексте были разработаны представления об *углеводородных геохимических полях в почвах* (УГП), которые характеризуются определенным количеством, составом и соотношением углеводородных газов, битумоидов, индивидуальных углеводородных соединений (полициклических ароматических углеводородов и n-алканов). Выделены следующие группы природных и техногенных УГП: биогеохимические, эманиционные, атмо-седиментационные, инъекционные. В каждой группе охарактеризованы типы и подтипы УГП, отличающиеся своими источниками углеводородов, процессами формирования, эволюцией во времени. Применение концепции УГП при изучении педосферы дает возможность разработать методы диагностики происхождения углеводородов в почвах, выявить процессы, приводящие к формированию тех или иных техногенных или природных геохимических аномалий в почвенном покрове [13]. С оценкой эколого-геохимического состояния почв в районе добычи и переработки высокосернистого углеводородного сырья были связаны работы кафедры в Западном Казахстане, где исследовались особенности миграции и аккумуляции в почвах поллютантов, поступающих в природную среду с территории открытого хранения комовой серы. При выполнении этих работ были апробированы подходы к *диагностированию техногенных и природных источников серы в почвах* по ее изотопному составу, изучены формы нахождения этого элемента в почвенном покрове, проведено зонирование территории по опасности загрязнения почв соединениями серы с учетом способности к самоочищению различных почвенных экосистем [14]. Фактором загрязнения почв еще одним поллютантом – полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ) – являются все более широко распространяющиеся в стране лесные пожары. Особенности *накопления в почвах ПАУ под воздействием пирогенного фактора* были посвящены кафедральные исследования, проведенные в Полистовском, Хакасском, Норском и других заповедниках. Они позволили выявить связь аккумулирующихся в почвенном покрове полиаренов со свойствами почв (гумусностью, гранулометрическим составом, щелочно-основными характеристиками), а также с условиями рассеяния продуктов горения и типом подверженного пожару древостоя [15]. В настоящее время совершенствуется *универсальная группировка техногенно-трансформированных почв*, первый вариант которой был предложен в 1990-ые годы [16]. В этой группировке техногенные почвы выделяются и диагностируются по сочетанию исходных (природных) и новообразованных (техногенно-спровоцированных) свойств, а также по типам воздействий и инициированным ими процессам. Основной задачей этой группировки является идентификация почв, т.е. их опознание и отождествление с известным набором характеристик – субстантивных, генетических, факторных. Корректная идентификация особенно важно для почв, трансформированных в результате воздействия техногенного фактора, поскольку

в этом случае сами по себе сложные, а в ряде случаев и не однозначные, результаты природного педогенеза сочетаются с результатами техногенеза – не менее, а нередко и еще более сложного процесса в плане возникающих продуктов почвообразования. Указанная разработка также находится в русле основных научных исследований М.А. Глазовской, которая отмечала, что «важнейшая задача заключается в создании специальной классификации почв по степени их устойчивости и характеру ответных реакций по отношению к различного рода техногенным потокам токсичных химических веществ...» [17].

Литература

1. Геннадиев А.Н., Жидкин А.П., Олсон К.Р., Качинский В.Л. Эрозия почв в различных условиях землепользования: оценка методом магнитного трассера // Почвоведение. 2010. № 9. С. 1126-1134.
2. Жидкин А.П. Оценка эрозионных процессов методом магнитного трассера в почвах малого водосбора // География и природные ресурсы. 2010. № 1. С. 149-156.
3. Смирнова М. А., Геннадиев А.Н.. Почвы карстовых воронок юго-востока Беломорско-Кулойского плато // Почвоведение. 2011. № 2.
4. Цибарт А.С., Геннадиев А.Н. Направленность изменения лесных почв Приамурья под воздействием пирогенного фактора // Вестник Моск. ун-та. Серия 5. География. 2003. № 1. С. 66-74.
5. Гольдфарб И.Л. Влияние гидротермальной деятельности на условия формирования и морфологический облик почв (на примере основных гидротермальных систем Камчатки) // Почвоведение. 1996. № 12. С. 1413-1419.
6. Геннадиев А.Н., Гептнер А.Р., Жидкин А.П., Чернянский С.С., Пиковский Ю.И. Экзотемпературные и эндотемпературные почвы Исландии // Почвоведение, № 6, 2007. С. 661-675.
7. Голованов Д.Л. Ландшафтно-геохимические процессы как фактор формирования внутренней структуры оазисов Гоби // Геохимия биосферы. 2006. Москва-Смоленск. С. 92-93.
8. Глазовская М.А. Почвы мира, т. II. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1973. 464 с.
9. Геннадиев А.Н. Хронологические аспекты дифференциации почвенного покрова. География, общество, окружающая среда, т. III. М.: Городец. 2004. С. 248-261.
10. Чендев Ю.Г. Эволюция лесостепных почв Среднерусской возвышенности в голоцене. М.: Геос. 2008. 212 с.
11. Драчева Н.А., Геннадиев А.Н. Развитие почв речных террас западной части Заволжской лесостепи и степи во второй половине голоцена // Вестник Моск. ун-та. Серия 5. География. 2003. № 1. С. 51-59.
12. Исаченкова Л.Б. Свойства почв разновозрастных вырубок в широколиственно-еловых лесах Сатинской учебно-научной станции // Вестник Моск. ун-та. Серия 5. География. 2007. № 2. С. 45-50.
13. Пиковский Ю.И., Геннадиев А.Н., Краснопева А.А., Пузанова Т.А. Природные и техногенные углеводородные геохимические поля в почвах: концепция, типология, индикационное значение. Геохимия ландшафтов и география почв. М. 2012.
14. Касимов Н.С., Геннадиев А.Н. Ландшафтно-геохимическая и почвенно-географическая школа // Географические научные школы Московского университета. М.: Городец. 2008. С. 170-228.
15. Цибарт А.А., Геннадиев А.Н. Ассоциации полициклических ароматических углеводородов в пройденных пожарами почвах // Вестник Моск. ун-та. Серия 5, география. 2011. № 3. С. 13-20.
16. Геннадиев А.Н., Солнцева Н.П., Герасимова М.И. О принципах группировки и номенклатуры техногенно-измененных почв // Почвоведение. 1992. №2. С. 49-60.
17. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов. М.: Высшая школа. 1988. 277 с.

УДК 528.9:[631.4+550.4]

ПОЧВЕННОЕ, ПОЧВЕННО- И ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ

М.И. Герасимова

Географический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, e-mail: maria.i.gerasimova@gmail.com

В почвенной и геохимической сферах тематического картографирования М.А. Глазовской предложены новые идеи и подходы в трех основных направлениях.

Почвенное картографирование – традиционное направление научных работ кафедры геохимии ландшафтов и географии почв, которое реализовано во многих почвенных картах крупного и мелкого масштабов. Среди последних широко известна почвенная карта мира 1982 г. М.А. Глазовской и В.М. Фридланда в серии карт для Высшей школы [1]. Методология ее создания была использована для почвенных карт России, опубликованных в комплексных атласах.

Почвенно-геохимическое картографирование развивалось на основе предложенного М.А. Глазовской принципа «прогнозной информативности природных факторов» и способов систематизации данных по отдельным компонентам ландшафтов [2]. Были составлены мелкомасштабные карты, представляющие условия миграции химических элементов и соединений в почвах и опасность накопления в них тех или иных загрязнителей.

Ландшафтно-геохимическое картографирование формировалось в процессе ландшафтно-геохимических исследований, организованных М.А. Глазовской на Урале, и А.И. Перельманом в Казахстане и Средней Азии. Результатами работ по мелкомасштабному картографированию являются карты в комплексных географических атласах мира [3, 4] и России [5], а также в региональных атласах.

В каждом из трех направлений имеются оригинальные подходы и способы интерпретации информации: от организации легенд и представления строения почвенного покрова на почвенных картах до создания новых ландшафтно-геохимических карт. Этим новым элементам в картографировании и их использованию на картах, составившихся в течение многих лет И.П. Гавриловой, М.Д. Богдановой и автором, посвящено данное сообщение.

(1) Почвенная карта мира Глазовской-Фридланда масштаба 1:15 млн. [1] содержит больше прямой информации о почвенном покрове и почвах, чем международная «карта ФАО», опубликованная в те же годы в масштабе 1:5 млн. Кроме почв, на карте показаны разные формы организации почвенного покрова в зависимости от рельефа и почвообразующих пород; впервые дана матричная легенда, отражающая почвенно-генетические закономерности и свойства почв. Аналогичным образом строение почвенного покрова представлено на почвенной карте России и сопредельных стран масштаба 1: 4 млн., где М.А.Глазовская является редактором.

В дальнейшем нами широко использовались матричные легенды, в частности, для почвенной карты в Экологическом атласе России 2002 г., где почвы сгруппированы по тепловому (с учетом криогенеза) и водному режимам. Новым элементами содержания почвенной карты Национального атласа были антропогенно измененные почвы и перевод части почв в систему новой классификации; для почвенного раздела атласа была также составлена карта структур почвенного покрова [5]. Наряду с созданием этих и других мелкомасштабных карт, почвенное картографирование развивается по линии как аналитической (картоведческий анализ), так и прикладной: разрабатываются карты антропогенных изменений почв, деградации почв, карты отдельных почвенных свойств, например, генетических горизонтов.

(2) Почвенно-геохимические карты, представляющие условия миграции, аккумуляции и трансформации различных веществ, поступающих в почвы, в том числе токсичных для человека и окружающей среды, опубликованы в нескольких комплексных атласах России. Методология их составления изложена в монографии [6]. Карты основаны на интерпретации свойств почв и сведений о других компонентах ландшафта с целью выявления ареалов того или иного типа поведения вещества или химического элемента в почвах. Почвенно-геохимические карты включают базовые, «универсальные», которые содержат общие сведения об условиях миграции для широкой группы веществ, и карты, специализированные по какому-либо элементу или соединению, или их группам; они основаны на учете его (их) конкретных особенностей. Содержание карт формируется путем совмещения ареалов определенных свойств почв (например, значений рН, сорбционной емкости) с ареалами показателей внешних факторов – литологических, климатических, типов землепользования. Примерами таких карт являются: опасность загрязнения почв Нечерноземной зоны пестицидами, подкисления и загрязнения почв мира токсичными микроэлементами (содержание карт разработано М.А.Глазовской), устойчивость ландшафтов и почв к загрязнению нефтью и нефтепродуктами (авторы: карта СССР – Е.М.Никифорова, карта России – А.Н.Геннадиев, Ю.И.Пиковский и др.). В Экологический, Национальный и Федеральный атласы включены базовые почвенно-геохимические карты и карты опасности загрязнения почв России пестицидами и тяжелыми металлами.

(3) Три обзорные ландшафтно-геохимические карты А.И.Перельмана, М.А.Глазовской, Н.С.Касимова с соавторами имеют сложные легенды и основаны на разных принципах. Однако все карты имеют общие элементы: подчиненность зональным закономерностям на высших уровнях легенды и учет классов водной миграции, поскольку общий характер геохимических процессов определяются особенностями биологического круговорота, а среди миграционных процессов приоритетен перенос в растворах.

Карта А.И. Перельмана [4] представляет геохимические ландшафты СССР, ее легенда следует разработанной им иерархической классификации геохимических ландшафтов; первичными картографическими единицами являются виды геохимических ландшафтов, объединенные по общности литолого-геоморфологической основы.

На карте мира М.А.Глазовской [3] особое внимание уделено показателям биологической продуктивности и экологическим характеристикам растительных сообществ, а также соотношению автономности/подчиненности ландшафтов и ландшафтно-геохимическим процессам.

Новую ландшафтно-геохимическую карту России Н.С.Касимова, И.П.Гавриловой, М.Д.Богдановой, М.И.Герасимовой [5] отличает от ее предшественниц акцент на миграционных структурах и ландшафтно-геохимических процессах. Миграционные структуры показаны в многоуровневой матрице со входами, представляющими климатический и биогеохимический потенциалы миграции, с одной стороны, и соотношение радиальных и латеральных условий миграции, с другой. Это соотношение определяется комбинациями рельефа и пород в конкретных территориальных единицах. Дополнительно учитывается влияние грунтовых вод для ландшафтов с ослабленными миграциями и комплексным почвенно-растительным покровом: субаридных с испарительной концентрацией и тундровых с криогенной миграцией. Классы водной миграции введены в ячейки матрицы. Ландшафтно-геохимические процессы (по Глазовской) в отдельной табличной легенде разделены на собственно миграционные (водные, криогенные, эоловые, склоновые и зоогенные) и миграционно-аккумулятивные (детритогенез, хелатогенез, кальцитогенез, галогенез и др.).

Анализ перечисленных и других карт близкой тематики и публикаций о них позволяют дать экспертную оценку основных трендов в развитии на кафедре трех направлений мелкомасштабного картографирования почв и геохимических ландшафтов. С одной стороны, наблюдается сближение направлений в отношении содержания карт и методологии их составления, например, расширение спектра почвенных свойств, привлекаемых для геохимических оценок, обращение к почвенным горизонтам как к геохимическим барьерам, совершенствование матричных легенд путем «упаковки» информации, а также более широкое использование современных технологий. С другой стороны, в каждом направлении решаются собственные задачи. В

почвенном – создание оригинальных карт, включая карты почвенных свойств, и карт, представляющих почвы в поле факторов почвообразования; в почвенно-геохимическом – выявление оптимальных наборов параметров, описывающих поведение разных загрязнителей; в ландшафтно-геохимическом – поиск новых подходов отображения разных видов геохимических миграций, вероятно, с обращением к анализу крупномасштабных карт с целью типизации катенарных структур.

Литература

1. Глазовская М.А., Фридланд В.М. Почвенная карта мира. Масштаб 1:15 млн. М.: ГУГК, 1982.
2. Глазовская М.А. Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям. М.: Изд. МГУ, 1997. 102 с.
3. Глазовская М.А. Ландшафтно-геохимическая карта мира / Resources and Environment World Atlas. Moscow-Vienna, 1998.
4. Перельман А.И. Ландшафтно-геохимическая карта СССР / Физико-географический атлас мира. М.: Изд-во АН СССР–ГУГК. 1964.
5. Национальный атлас России. М.: Роскартография. Т. 1, 2004; т. 2. 2007.
6. Богданова М.Д., Гаврилова И.П., Герасимова М.И. Мелкомасштабное почвенно-геохимическое картографирование. М.: АПР, 2008. 146 с.

УДК 631.47

РОЛЬ ЭНДОЛИТНЫХ ОРГАНИЗМОВ В ФОРМИРОВАНИИ ПЕРВИЧНЫХ ПОЧВ И СКАЛЬНЫХ «ЗАГАРОВ» (НА ПРИМЕРЕ ВОСТОЧНОЙ АНТАРКТИДЫ)

Н.С. Мергелов, С.В. Горячкин, И.Г. Шоркунов

Институт географии РАН, Москва, e-mail: mergelov@igras.ru

В конце 20го и в начале 21го века почвоведы осознали, что их предназначение шире, чем просто изучение рыхлых субаэральных биокосных образований на поверхности Земли [1]. Ранее почвоподобные тела почвоведы стали изучать под водой [2], а потом и в пещерах [3]. Между тем не совсем традиционные объекты для почвоведов, которым посвящена данная работа, находятся и на поверхности Земли, в зоне действия обычных факторов почвообразования, но в несколько специфичных экстремальных условиях. Это, прежде всего, относится к Антарктике, а также к Высокой Арктике, высокогорьям, ультрааридным пустыням. К этим объектам – скальным «загарам» и эндолитным экосистемам – в последнее время в мировой науке сильно возрос интерес. Это связано с астробиологическими проблемами и поисками жизни других планет в их земных аналогах. Кроме того, это во многом связано с тем, что изменилась экспериментально-методическая база для изучения микропрофилей почв, которых так много в Антарктике – стали широко использоваться электронная микроскопия и микрозондирование, что позволяет на более глубоком уровне познавать, например, роль биоты в выветривании минералов [4]. К сожалению, отсутствие подобных технических возможностей в свое время затормозило развитие идей о сути первичного почвообразования [5], а теперь мы, во многом, возвращаемся к той проблематике на новом научно-технологическом уровне.

Яркой особенностью лишенных ледникового покрова береговых участков Антарктики – оазисов – является красно-бурый оттенок поверхности скальных пород, в том числе и не отличающихся высоким содержанием железа (гранитов, гнейсов, эндербитов и др.), а также заселение внутреннего приповерхностного объема скальных пород организмами (водорослями, бактериями, микромицетами, лишайниками), неразличимыми с поверхности. Красные, красно-бурые, ржавые пленки, натеки и корки на поверхности скал принято называть пустынным или скальным «загаром». Организмы, населяющие трещины внутри плотной породы, называют эндолитами и, в более узком понимании, криптоэндолитами, то есть организмами, развивающимися в структурных приповерхностных полостях породы и невидимыми с поверхности [6]. Эндолиты играют важнейшую роль в деструкции породы, а также выступают единственными первичными продуцентами (цианобактерии, зеленые водоросли, фотобионтные компоненты лишайников) в приповерхностной экосистеме плотных пород [6]. В пионерной работе М.А. Глазовской [7] по десквамационным коркам в оазисах Восточной Антарктики уделено внимание обоим явлениям, хотя конечно фундаментальные закономерности функционирования эндолитных сообществ были описаны И. Фридманом [6], но позже. Тема скального «загара» получила дальнейшее развитие на новом инструментальном уровне в работе М.А. Глазовской по андезит-базальтам Западной Антарктики [8]. Начиная с 70-х годов прошлого века скальный «загар» и эндолиты изучались многократно и всесторонне, но по отдельности, а их взаимодействие и генетическая связь практически не исследовались. Хотя оба явления представляют безусловный интерес для почвенной науки – эндолитные организмы в настоящее фактора почвообразования, а скальный «загар» как возможный продукт почвообразования. Задача настоящего исследования – изучить воздействие эндолитов на породу и на формирование скальных «загаров» при помощи методов и методологии почвоведения.

Объектами исследования стали многокомпонентные образования на поверхности скальных пород, включающие: 1) десквамационные корки с эндолитным сообществом на внутренней поверхности и скальным «загаром» на внешней; 2) минеральный мелкозем и биомассу эндолитных организмов из системы трещин непосредственно под коркой; 3) породу под коркой. Строение и свойства таких образований напоминают почву, поэтому в предварительном порядке был предложен термин «эндолитные почвы» [9]. Это предположение проверялось в ходе настоящего исследования при помощи электронного микроскопа и микрозонда, а также микроаналитических и радиоизотопных методов. Образцы отбирались на поверхности скальных обнажений

различных экспозиций в оазисах Ларсеманн и Молодежный в Восточной Антарктиде на гранитах, гранито-гнейсах и эндербитах.

Результаты. Проведенные исследования показали, что у системы «эндолитные организмы–порода–продукты выветривания» имеются признаки почвы. Живая и мертвая биомасса эндолитных организмов организуется в виде отдельного микрогоризонта в пределах 1 см от поверхности, проникает на первые миллиметры в породу, покрывая зерна минералов пленками толщиной до десятков микрон. Компоненты ОВ участвуют в (био)химическом выветривании силикатов, физической дезинтеграции и биогенном/криогенном структурировании выветрелой минеральной массы. Такие функции эндолитного органогенного горизонта роднят его с «классическими» поверхностными органогенными горизонтами почв. В эндолитных органогенных горизонтах в гранитоидах оазиса Ларсеманн содержание углерода варьирует в пределах 0,2-3,3%, азота – 0,02-0,47%. Радиоуглеродный возраст ОВ – 480±25 лет (BP), что составляет среднее время пребывания ОВ в горизонте. Помимо мелкозема продукты выветривания представлены многочисленными, часто многослойными пленками и натеками на поверхности породы и нижней части десквамационной корки мощностью от первых микрон до первых миллиметров. Основными элементами в пленках (по данным рентгеновского микроанализа) являются O, C, Si, Al, Fe. По морфологии пленок соединения Si и Al в основном аморфны. Главные отличия в составе пленок и чистых поверхностей минералов: 1) относительное обеднение пленок Na, K, Al; 2) появление в их составе или накопление Mg, Ca, S, Fe и реже Cl; 3) высокое содержание C (10-50%). Содержание Si близко или ниже чем в полевых шпатах. Выявлено сходство морфологии и состава пленок скального «загара» и органо-минеральных пленок в приповерхностном объеме породы с эндолитным сообществом: 1) пленки скального «загара» тоже содержат биоту (мертвую или покоящуюся), 2) биогенные гроздевидные структуры скального «загара» схожи со структурами биопленок в интерьере эндолитной системы, 3) в обоих типах пленок присутствует выраженная Al-Si-аморфная составляющая, накапливаются Fe, Ca, S и др.

На основе полученных, а также литературных данных можно предложить следующую схему-гипотезу строения и трансформации эндолитной системы (почвы) (рис. 1). *Фаза I* представляет собой экспонированную поверхность гранитоида, частично или полностью покрытую аморфными органо-минеральными Al-Si-пленками «загара». Порода и пленки подвергаются воздействию внешних факторов, происходит физическая дезинтеграция, формируется сеть микротрещин, в том числе субпараллельных дневной поверхности. Трещины заселяются эндолитами. *Фаза II* – функционирование эндолитного сообщества сопровождается физическим и биохимическим выветриванием, связи между минералами ослаблены настолько, что происходит перекомпоновка материала. Часть минеральных зерен обособляется в виде мелкозема грубых фракций, формируются крупные трещины. Колонии эндолитов покрывают большую часть поверхностей трещин и частично мелкозем; под их воздействием формируются зоны биохимической трансформации породы. *Фаза III* – в качестве продуктов выветривания формируются органо-минеральные пленки, покрывающие поверхности в интерьере породы, прежде всего, под эндолитным сообществом, растет биомасса эндолитов, увеличивается объем мелкозема, проработка породы трещинами. *Фаза IV* – связи верхней корки и основного массива породы ослаблены настолько, что происходит гравитационная или эрозионно-ветровая десквамация. Корка с остатками эндолитов и пленок, частично разрушаясь, попадает в близлежащие аккумулятивные позиции в ландшафте. Мелкозем сдувается и переносится ветром на большие расстояния. После десквамации созданная на основном массиве породы биопленка экспонируется и вновь подвергается воздействию экзогенных факторов. Можно предположить, что запускается некий механизм «взросления»: пленка полируется ветром, происходит трансформация ее органогенной компоненты, более интенсивное окисление, не исключен и аккреционно-золотый механизм ее приращения по типу классического скального «загара». В таком виде, являясь полигенетичным образованием, экспонированная пленка предстает исследователю поверхностных красно-бурых «загаров» в оазисах Антарктики (*фаза I*). При экспонировании эндолитно-генерированной пленки возможно ее полное уничтожение ветровой абразией, что влияет на цвет породы.

Заключение.

1. Система «эндолитные организмы–порода–продукты выветривания» имеет необходимые признаки почвы: а) есть слой породы, подверженный воздействию внешних абиогенных факторов, б) в нем функционируют живые организмы, синтезирующие и разлагающие ОВ, в) в результате воздействия биогенных и абиогенных факторов происходит трансформация исходной породы *in situ*, накапливаются и выносятся продукты трансформации, формируется вертикальная неоднородность в виде пленочных микрогоризонтов, закладывается профиль.

2. Значимым продуктом эндолитного почвообразования являются Fe-C-Al-Si-пленки на минеральных поверхностях внутри выветрелой породы. Часто пленки оформлены в виде отдельного микрогоризонта на внешней поверхности основного массива породы непосредственно под десквамационной коркой. После десквамации микрогоризонт подвергается воздействию экзогенных факторов и либо стирается, либо частично трансформируется и сохраняется. Подобные образования часто описывают как скальный загар, что, наверно, правильно. При этом нужно отчетливо осознавать, что загар - это широкое понятие, объединяющее поверхностные пленки аккреционного генезиса, инситно-эпилитного и, как показали наши данные, инситно-эндолитного. В последнем случае скальные загары представляют собой горизонты дневных «микрорепочек» эндолитного генезиса, оказавшиеся на поверхности в результате десквамации.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ для молодых ученых – кандидатов наук МК-5451.2011.5.

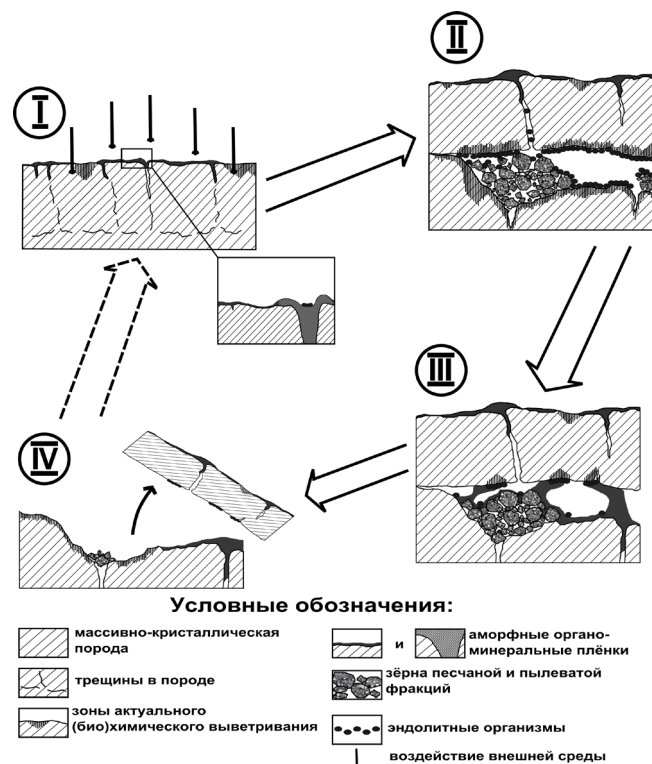


Рис. 1. Схема-гипотеза строения и трансформации эндолитной системы (почвы).

Литература

1. Таргульян В.О. Экзогенез и педогенез: расширение теоретической базы почвоведения // Вест. Моск. ун-та. Сер. 17, почвоведение. 1983. № 1. С. 33–43.
2. Ивлев А.М., Нестерова О.В. К вопросу об изучении аквапочв // Вестн. ДВО РАН. 2004. №4. С. 47-52.
3. Семиколенных А.А., Таргульян В.О. Почвоподобные тела автохемолитотрофных экосистем пещер хребта Кугитангтау (Восточный Туркменистан) // Почвоведение. 2010. №6. С. 658-672.
4. Глазовская М.А. Влияние микроорганизмов на процессы выветривания первичных минералов. Изв. Ак. наук Казах. ССР, сер. почвов., 1950, вып.6. С. 79-100.
5. Полюнов Б.Б. Первые стадии почвообразования на массивно-кристаллических породах// Почвоведение. 1945. № 7. С. 327–339.
6. Friedmann E.I. Endolithic microorganisms in the Antarctic cold desert. Science. 1982. V. 215. P. 1045-1053.
7. Глазовская М.А. Выветривание и первичное почвообразование в Антарктиде. Науч. докл. высш. школы, геол.-геогр. науки. 1958. №1. С. 63-76.
8. Глазовская М.А. Биогеохимическое выветривание вулканических пород андезитового состава в субантарктических перигляциальных условиях. Известия РАН. Сер. географическая. 2002. №3. С. 39-48.
9. Горячкин С.В., Гиличинский Д.А., Абакумов Е.В., Зазовская Э.П., Мергелов Н.С. Федоров-Давыдов Д.Г. Почвы Антарктиды: разнообразие, география, генезис (по исследованию районов Российских станций) // Разнообразии мерзлотных и сезонно-промерзающих почв и их роль в экосистемах. Матлы V межд. конф. по криопедологии Москва-Улан-Удэ, 2009. С. 32.

УДК 631.433.3

РОЛЬ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ РОССИИ В ГЛОБАЛЬНОМ БИОГЕОХИМИЧЕСКОМ ЦИКЛЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА

И.Н. Курганова

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пушино, e-mail: ikurg@mail.ru

Цикл органического углерода ($C_{орг}$) является определяющим в системе других биогеохимических циклов на нашей планете. Увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере, особенно выраженное в течение последнего столетия, свидетельствует о «нарушении общепланетарного углеродного цикла» [1, с.10], что, по мнению М.А. Глазовской, требует серьезного изучения и переосмысления. Продукционная составляющая цикла биогенного углерода обусловлена С-ассимиляцией за счет использования внешней солнечной энергии фотоавтотрофными организмами, а его деструкционная ветвь объединяет все разнообразие процессов разложения органических материалов, одним из конечных продуктов которых является углекислый газ [2]. Функция наземных экосистем в качестве источника или стока CO_2 определяется балансом между их

фотосинтетической продукцией (NPP) и выделением CO₂ при разложении почвенного органического вещества (микробное дыхание почв, MR) и характеризуются величиной чистой экосистемной продукции (NEP). Третьим немаловажным компонентом как при глобальных расчетах баланса углерода, так и для оценки NEP отдельных территорий является антропогенная эмиссия CO₂ (сжигание топлива, добыча торфа и заготовка древесины, животноводство и растениеводство, лесные пожары и болезни, известкование почв и др.). Положительные значения NEP свидетельствуют о том, что наземные экосистемы выступают в качестве стока CO₂ атмосферы, отрицательные величины NEP говорят об источнике CO₂.

Оценка глобального баланса углерода на нашей планете ежегодно проводится в рамках Global Carbon Project [3] по принципу остаточного количества, то есть представляет собой разность между выделением CO₂ в атмосферу (в результате сжигания топлива и изменения землепользования) и поглощением CO₂ в системе атмосфера-океан с учетом изменения общей концентрации атмосферного CO₂ за анализируемый период. Для 2010 г. эмиссия CO₂ вследствие сжигания топлива (fossil fuel emission, FFE) и изменений в землепользовании (land use change, LUC) составляет соответственно 9,1±0,5 и 0,9±0,7 Гт С (1Гт = 10¹⁵ г), а глобальный сток углерода в наземные экосистемы оценивается величиной, равной +2,6±1,0 Гт С (табл. 1). М.А. Глазовская полагает, что этот, так называемый «неучтенный сток» углерода (или «missing sink»), включает в себя ошибки статистического анализа, и, в то же время, «не исключает наличия на суше не учитываемых факторов и механизмов консервации части избыточного ежегодно поступающего в атмосферу CO₂» [1, с. 12]. Так, в своей обобщающей монографии «Педолитогенез и континентальные циклы углерода» автор, анализируя недостатки существующих подходов в оценке глобального углеродного бюджета приходит к выводу, что во всех расчетах не принимается во внимание возможность стока части углерода в педосферу, особенно в ее глубокие слои, поэтому столь значительны неучтенные резервуары поглощения CO₂ на суше. «В фундаментальной проблеме определения экологических функций почв в биосфере и антропофере существенное значение имеет исследование роли педосферы как резервуара для консервации и фоссилизации ассимилированного при фотосинтезе углерода» [1, с. 7].

В наземных экосистемах диоксид углерода атмосферы примерно на 25-40% имеет почвенное происхождение, а сам почвенный покров, в соответствии со своим положением на контакте атмосферы, литосферы и наземной фитосферы, занимает ключевую позицию в биосферном круговороте CO₂ и других газов [2]. Общее дыхание почв планеты (total soil respiration, TSR), представляющее собой естественный источник CO₂ в атмосферу, согласно оценкам Райха и Шлезингера [4], заметно варьирует и составляет 64-72 Гт С/год, а ежегодное связывание CO₂ в процессе фотосинтеза оценивается величиной равной ~60 Гт С (табл. 1).

Таблица 1

Современная оценка баланса углерода и его основных составляющих в наземных экосистемах России и мира

Показатель	Экосистемы мира	Экосистемы России	
		Абсол. единицы	% к мировым значениям
Площадь, млн. км ²	148,7	17,1	11,5
NPP, Гт С/год	+60 [4]	+4,41-4,73 [2]	7,4-7,9
TSR, Гт С/год	-(64-72) [4]	-5,67 [2]	7,9-9,3
FFE, Гт С/год	-9,1±0,5 [3]	-0,46 [3]	5,1
LUC, Гт С/год	-0,9±0,7 [3]	+0,07-0,11 [5]	-
Баланс С, NEP Гт С/год	+2,6±1,0 [3]	+0,91-0,95 [5]	35,0-36,5

Несмотря на то, что наземные экосистемы России играют главенствующую роль в глобальном углеродном цикле нашей планеты (на их долю приходится более 1/9 части поверхности суши), роль Российской Федерации в формировании глобального бюджета углерода и его основных составляющих требует уточнения и переосмысления, особенно в свете системного кризиса, поразившего страну в начале 90-х годов прошлого столетия. В соответствии с расчетами, проведенными в разное время в Институте физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Российская Федерация и в 1990, и в 2002-2006 гг. являлась абсолютным стоком углерода в размере 0,81-1,10 Гт С/год [2, 5]. Оценка баланса углерода в наземных экосистемах нашей страны, полученная А.З. Швиденко с соавт. для последней декады (2000-2010 гг.) также свидетельствует в пользу преобладания стока углерода над его потерями, но оценивается несколько меньшей величиной: +0,5-0,7 Гт С/год с неопределенностью, составляющей 25-30% [6]. Расхождения в имеющихся оценках бюджета углерода на территории России, объясняются, на наш взгляд, различиями как в оценке микробной компоненты почвенного дыхания, так и разницей в величине антропогенной эмиссии CO₂ из почв (главным образом, пожарная и послепожарная эмиссия CO₂ и выделение CO₂ в аграрном секторе). Кроме того, не во всех приведенных выше оценках учитывались значительные изменения, произошедшие в системе землепользования в России в начале 90-х гг. прошлого столетия и выразившиеся в забрасывании около ¼ части всех пахотных угодий [7], что оказало существенное влияние на величину современного баланса углерода на территории Российской Федерации.

В соответствии с расчетами, выполненными ранее в Институте физиологии растений РАН [2], фотосинтетический сток углерода в растительный покров на территории России оценивается в пределах 4,41-4,73 Гт С/год, что составляет 7,4-7,9% глобальной NPP (табл.1). Общее дыхание почв Российской Федерации оценивается нами величиной, равной 5,67 Гт С/год [2, 8] или 7,9-9,3% глобального почвенного потока CO₂ в атмосферу (табл.1). При этом, ранее было показано, что приблизительно половина общего потока CO₂ из почв

наземных экосистем России (или 2,78 Гт С/год) образуется за счет микробного дыхания почв [2]. Следует, однако, отметить, что приведенные выше оценки потоков CO₂ из почв России относятся к 1990 г., который является базовым для стран-участниц Киотского протокола, поскольку они строились на анализе литературных данных, большая часть которых была получена в 1950-1990 гг. прошлого столетия, а используемые при расчетах карты (почвенная, землепользования и растительности) относятся к 1988-1990 гг. [2]. Исследования последних лет показали, что активный процесс забрасывания бывших пахотных угодий и переход их в залежные земли (естественные экосистемы), имеющий место в 1990-2005 гг., обусловил дополнительный сток CO₂ атмосферы в размере 0,07-0,11 Гт С/год [5, 8]. Согласно нашим оценкам, современный (на 2009-2010 гг.) баланс углерода на территории Российской Федерации оценивается величиной, равной ~0,91-0,95 Гт С/год, свидетельствуя в пользу того, что Россия выступает абсолютным стоком диоксида углерода атмосферы. Неопределенности полученных значений бюджета углерода в наземных экосистемах России велики и составляют не менее 50% [5].

Таким образом, проведенный анализ позволяет заключить, что наземные экосистемы нашей страны обеспечивают в настоящее время около 1/3 части глобального стока CO₂ атмосферы, как за счет лесных территорий [6] и зарастающих сельскохозяйственных угодий [8], так и в результате процессов педогенного накопления углерода в форме стабильных органических соединений, включая глубокие слои почвенного профиля автоморфных почв, и образования вторичных карбонатов в почвах субаридных и аридных регионов [1]. Соотношение этих составляющих углеродного стока неодинаково в различных природно-климатических зонах России, а их количественная оценка на территории Российской Федерации и в текущем столетии должна оставаться в ряду приоритетных фундаментальных проблем экологии и почвоведения.

Работа выполнялась при поддержке Программы Президиума РАН №4 и НШ Президента РФ № 6620.2012.4.

Литература

1. Глазовская М.А. Педолитогенез и континентальные циклы углерода. М.: Книжный дом «Либроком». 2009. 336 с.
2. Кудеяров В.Н., Заварзин Г.А., Благодатский С.А. и др. (отв. ред. Г.А. Заварзин) Потоки и пулы углерода в наземных экосистемах России. М.: Наука. 2007. 315 с.
3. <http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget>
4. Raich J.W. and Schlesinger W.H. The Global Carbon Dioxide Flux in Soil Respiration and Its Relationship to Vegetation and Climate. *Tellus*. 1992. 44B: 81–89.
5. Kurganova I.N., Kudayarov V.N., and Lopes de Gerenyu V.O. Updated estimate of carbon balance on Russian Territory. *Tellus*. 2010. 62B. P. 497–505.
6. Shvidenko A., Schepachenko D., and Dolman H. Full carbon account for Russia. Abstract booklet of GEO-Carbon Conference “Carbon in a changing world”. Rome, Italy, 24-26 October, 2011. p. 17.
7. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Е.А. Динамика сельскохозяйственных земель в России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.:ГЕОС. 2010. 416 с.
8. Курганова И.Н. Эмиссия и баланс диоксида углерода в наземных экосистемах России. Автореф... д.б.н. М. 2010. 50 с.

СЕКЦИОННЫЕ ДОКЛАДЫ

УДК 631.4

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПЕРВИЧНЫХ ПОЧВ

Е.В. Абакумов (1,2)

(1) Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург,

(2) Институт Экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, e-mail: E_abakumov@mail.ru

Первичные почвы весьма разнообразны и встречаются в различных географических условиях. Чаще всего их органофильный профиль ограничен в вертикальном измерении, представлен несколькими маломощными органоминеральными горизонтами и переходит в плотную породу. Органо-аккумулятивные процессы являются основными в первичных почвах. В связи с этим изучение системы органического вещества первичных почв является актуальным и, вероятно послужит раскрытию механизмов первичного педогенеза в наземных биогеоценозах.

Первичные почвы можно разделить на две большие группы: первичные почвы природных экосистем и первичные почвы антропогенных и постантропогенных экосистем. Скорее всего, первичные почвы природных биогеоценозов представлены в современной биосфере шире, чем первичные почвы антропогенных экосистем.

Нами проведены исследования органического вещества первичных почв в самых разнообразных условиях: Антарктики (различные географические и биоклиматические условия) до самовосстанавливающихся экосистем карьерно-отвалных комплексов и первичных почв рекультивационных сценариев природовосстановления. В случае хроносерию первичного почвообразования в сценариях экогенетических сукцессий в пределах бореального пояса тип гумуса фульватный или гуматно-фульватный. В условиях суббореального пояса в первичных почвах постантропогенных экосистем чаще всего формируется гуматно-фульватный тип гумуса. В антарктических первичных почвах в подавляющем большинстве случаев существенно доминируют фульвокислоты, что приводит к формированию фульватного и гораздо реже – гуматно-фульватного типа гумуса.

Исследования молекулярной структуры гуминовых кислот разнообразных первичных почв позволили установить следующее. В ходе развития первичных почв отвалов карьеров постепенно увеличивается содержание ароматической части гуминовых кислот. То же касается почв хроносерию рекультивационных сценариев, в которых, однако, рост доли ароматических фрагментов происходит гораздо быстрее в связи с более интенсивным поступлением растительных остатков. Таким образом, для самых начальных стадий первичного почвообразования в хроносерию характерна очень низкая доля ароматических фрагментов, что связано как с кратким временем почвообразования, так и с тем, что основными источниками гумуса в данном случае являются низшие растения.

Гуминовые кислоты антарктических первичных почв по многим характеристикам напоминают гуминовые кислоты антропогенных и постантропогенных почв. Это выражается в первую очередь в очень низкой доле ароматических компонентов в составе молекул. Учитывая низкую степень гумификации в этих почвах, следует предполагать, что органическое вещество первичных почв Антарктики близко по природе гумусу первичных почв Евразии, формирующихся в ходе демультипликативных смен.

В связи с вышесказанным, в будущем необходимо прояснить следующие вопросы:

- каким образом в условиях доминирования низших растений осуществляется трансформация органического вещества почв,
- как образуются гуминовые кислоты в условиях дефицита ароматических фрагментов в органических остатках, поступающих в почву,
- насколько связано развитие системы органического вещества первичных почв с иными процессами первичного почвообразования.

УДК 911.2:550.4 [528.94]

РОЛЬ ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ КАРТ В АНТРОПОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

И.А. Авессаломова, Г.С. Самойлова

МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, e-mail: gssgeo@yandex.ru

При проведении антропоэкологических исследований с целью выявления закономерностей воздействия природных и социально-экономических факторов на здоровье населения важное методологическое значение имеет анализ условий жизнеобеспечения с позиций геохимии ландшафта. Такой подход предполагает разработку ландшафтно-геохимических карт, отражающих экологический потенциал территории и уровень комфортности проживания. Попытка их составления предпринята нами на примере севера Дальнего Востока, где сотрудниками института этнологии и антропологии РАН и музея антропологии МГУ под руководством Т.И. Алексеевой [1] изучались морфофизиологические особенности коренного населения. В соответствии с логикой исследований выделяется три последовательных взаимосвязанных этапа: 1) составление ландшафтно-геохимической карты; 2) проведение на ее основе ландшафтно-экологического районирования с оценкой благоприятности условий проживания; 3) сопоставление пространственной изменчивости морфофизиологических параметров

различных этнических групп с ландшафтно-геохимическими особенностями выделенных районов.

На первом (информационном) этапе разработан макет ландшафтно-геохимической карты масштаба 1: 10 000 000, включающей территорию от Чукотского полуострова и Корякского нагорья до полуострова Тайгонос, северной части Камчатки и Командорских островов. Были использованы мелкомасштабные (гипсометрическая, геологическая, геоморфологическая, почвенная, геоботаническая) и среднемасштабные топографические карты, а также информация с космических снимков. Нанесены обследованные внутриконтинентальные и прибрежные поселки. Легенда карты представлена в виде матрицы, в вертикальных столбцах которой показаны типы и подтипы, в горизонтальных строках – роды и виды ландшафтов. При систематике ландшафтов использована классификация А.И. Перельмана [2], в соответствии с которой на высших иерархических уровнях по особенностям биологического круговорота (БИКа) выделены типы и подтипы ландшафтов. С учетом информативности экстенсивных параметров биогенной миграции для характеристики их различий использованы данные по ежегодной фитопродукции [3,4], наглядно отражающие изменения автотрофного биогенеза в зависимости от гидротермических факторов. Биологическая продукция – один из ведущих индикаторов экологического потенциала ландшафтов [5], поэтому введение этого показателя позволило объединить их в экологические группы, которые различаются по комфортности условий проживания. Обособление экологических групп с учетом биогеохимических параметров ландшафтов является специфической особенностью картографических моделей для антропоэкологических исследований и отличает их содержание от традиционных ландшафтно-геохимических карт.

Выделение родов ландшафтов проведено по рельефу, определяющему их структурно-генетический каркас, катенарную организацию, интенсивность водообмена и соотношение ландшафтно-геохимических процессов. По М.А. Глазовской [6], комплекс типоморфных процессов в субарктических ландшафтах включает детритогенез, хелатогенез, глеегенез, криогенный механогенез, а их интенсивность и сочетания в субаэральном и супераквальных условиях корректируются рельефом и водопроницаемостью пород. На карте выделены основные роды ландшафтов. Низменные слабодренированные аккумулятивные равнины с преобладанием в катенах гидроморфных комплексов Н-Fe- класса. Наиболее однородны приморские равнины Чукотского побережья с небольшими амплитудами высот и повсеместным распространением многолетней мерзлоты по сравнению с более дифференцированной по степени дренированности Анадыро-Пенжинской низменностью. Низкогорья и среднегорья разной степени расчлененности отличаются преобладанием трансэлювиальных комплексов. Наиболее сложной структурой выделяются многоярусные ландшафты Корякского нагорья, где сочетаются разновысотные плато и высокогорья с большой активностью экзогенных процессов. Специфичны вулканические ландшафты Камчатки, отличающиеся глубоким расчленением, развитием современного оледенения и высокой водопроницаемостью пород.

Видовое разнообразие ландшафтов связано с литогеохимической специализацией пород и металлогенией региона, а индексы профилирующих (Au) и типоморфных рудных элементов внесены в табличную легенду (олово-серебряное, хромит-платиновое, медно-порфиоровое оруденение и другие). Результаты литохимических съемок показывают, что в формировании вторичных ореолов и потоков рассеяния важную роль играют криогенные (морозная сортировка материала, солифлюкционное течение грунтов), осыпные, оползневые и флювиальные процессы, при этом протяженность ореолов и потоков рассеяния достигает от 1-5 до 15 км. Несмотря на преобладание механической миграции и низкую биофильность многих рудных элементов, ограничивающих их влияние на местное население, необходимость их учета обоснована в связи с возможностью включения в техногенные миграционные потоки при освоении месторождений.

Возможность проследить пространственные изменения эколого-геохимической ситуации в ландшафтах региона определяет информативность составленной карты и ее использование как базовой на втором (оценочном) этапе исследований. В тундрах низкая продуктивность, преобладание криогенных процессов и детритогенеза, развитие оглеения, кислой среды, выщелачивание биогенных элементов (Са, Mg и др.) и формирование ультрапресных вод создают предпосылки развития биогеохимических эндемий недостаточности, снижая экологический потенциал и определяя специфику питания коренных народов, в котором преобладают продукты животного происхождения. Трансформация эколого-геохимических условий в бореальных ландшафтах заключается в увеличении фитопродукции, изменении активности детритогенеза, росте минерализации речных вод. С учетом этих изменений был выбран комплекс оценочных параметров, включающий биогеохимические (фитомасса, растительные пищевые ресурсы) и гидрохимические (ионный состав, минерализация, жесткость вод), а также климатические характеристики, оказывающие влияние как на ландшафтно-геохимические процессы, так и непосредственно на организм человека. Для выявления растительных ресурсов в ландшафтах разных типов составлена специальная таблица, включающая дикорастущие растения, содержащие необходимые для человека биологически активные вещества. Их набор был учтен при разработке оценочных шкал.

На основании интегральной оценки, зависящей от соотношения частных оценок по отдельным показателям, проведено объединение ландшафтов и находящихся в них населенных пунктов в ландшафтно-экологические районы, различающиеся по степени благоприятности условий проживания и показанные на специальной карте.

Группировка данных антропологических обследований с учетом выделенных нами на карте различных ландшафтно-экологических районов позволила Т.И. Алексеевой [1] выделить различные вариации морфофизиологических показателей у коренных народов, относящихся к единому арктическому адаптивному типу, что было установлено впервые. Выявление определенных пространственных градиентов в изменении размеров тела, количества жирового компонента, грудного указателя и других морфофизиологических

параметров доказывает наличие адаптивных реакций у населения в зависимости от интенсивности воздействия природных факторов. Несмотря на разнообразный этнический состав коренного населения севера Дальнего Востока (чукчи, эскимосы, коряки, ительмены, эвены и алеуты) изменение этих параметров прослеживается как при сравнении различных этнических групп из северных и более южных районов, так и внутри однотипных групп, но проживающих в разных ландшафтно-экологических условиях. Этим подтверждается перспективность использования тематических ландшафтно-геохимических карт при антропоэкологической оценке, особенно для территорий с экстремальными природными условиями, в которых проживает как коренное, так и приезжее население.

Основные проблемы организации систем жизнеобеспечения в районах с различной интенсивностью воздействия природных факторов связаны как с необходимостью адаптации приезжего населения в условиях дефицита необходимых элементов, в том числе в питьевых водах, так и с уязвимостью коренного населения, когда возникновение факторов риска связано с возможностью техногенного загрязнения горно-рудных регионов.

Литература

1. Антропоэкология Северо-Восточной Азии: Чукотка, Камчатка, Командорские острова. М.: ТАУС. 2008. 368с.
2. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М.: Высшая школа. 1975. 341с.
3. Базилевич Н.И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М.: Наука. 1993. 293с.
4. Пугачев А.А. Биологический круговорот и почвообразование в ландшафтах крайнего северо-востока России. Магадан: СВНЦ ДВО РАН. 2009. 216с.
5. Исаченко А.Г. Экологическая география России. СПб: Изд-во С. Петерб. ун-та. 2001. 328с.
6. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа. 1988. 324с.

УДК 631.47

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ШЛАМАМИ – ОТХОДАМИ НЕФТЕДОБЫЧИ

Н.А. Аветов (1), Ю.Н. Водяницкий (1), А.Т. Савичев (2), С.Я. Трофимов (1)

(1) – Факультет почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: yu.vodyan@mail.ru;

(2) – Институт геологии РАН, Москва.

Болотные ландшафты, занимающие около 40% территории Среднего Приобья, испытывают антропогенное воздействие за счет расширения нефтедобычи, увеличения протяженности коммуникаций, износа трубопроводной сети на давно освоенных месторождениях, многие из которых расположены как раз в наиболее заболоченных районах. При этом на торфяную почву влияют не только углеводороды нефти, но и сопутствующие минеральные поллютанты, среди которых есть как макроэлементы (К, Mg, Ca, P, S), так и тяжелые металлы.

В местах добычи нефти почвы загрязняются также компонентами минерализованных промышленных стоков, буровых растворов и шламов. Все они содержат ксенобиотики, хотя их состав иной, чем в нефти. Ксенобиотики поступают из разжижителей буровых растворов, термостабилизаторов, эмульгаторов, утяжелителей, например, барита и т.п. Кроме того применяют поверхностно активные вещества, ингибиторы отложения солей на основе фосфорорганических соединений и т.д.

В амбарах со шламами поступают хлоридно-кальциевые рассолы, обогащенные Ca, Fe, Mn, Pb, Sn, Cu, Ba. Отходы бурения, включающие засоленные пластовые воды, провоцируют «техногенный галогенез», одновременно в почвах накапливаются такие металлы как Ba, Zn, Cu. Набор элементов-поллютантов может быть различным в местах разлива разных видов нефти и складирования буровых растворов и шламов.

Таким образом, под влиянием объектов нефтедобычи образуются техногеохимические аномалии. На их территории у почв изменена не только органическая фаза (что к настоящему времени достаточно хорошо изучено), но и минеральная фаза. В связи с этим, возникает вопрос, как меняется элементный состав торфяных почв на территории техногеохимических аномалий? Ответ на этот вопрос необходим для характеристики и прогноза экологической ситуации в болотных ландшафтах.

В качестве объектов исследования были выбраны три техногеохимических аномалии вблизи шламовых амбаров на одном из нефтяных месторождений Среднего Приобья. Эти аномалии отличаются по возрасту существования: одна из них образовалась недавно – 2 года назад, две другие давно – 30-40 лет тому назад.

Исследования проводили 1-15 августа 2010 г. С пробных площадок методом конверта с глубины 0-10 см отбирали образцы торфа, высушивали до воздушно сухого состояния, а затем прокачивали в муфеле. Валовое содержание химических элементов в золе торфа определяли рентгенофлуоресцентным методом на приборе Респект. На нем же определяли содержание редкоземельных металлов рентгенорадиометрическим способом. Всего определено более 20 элементов, при этом на Респекте не идентифицируется. Содержание Na при его количестве > 0.8% определяли на другом рентгенофлуоресцентном анализаторе Tefa-6111. Затем с учетом зольности подсчитывали содержание каждого из элементов в торфе.

Исследования показали, что в зоне влияния шламовых амбаров образованию техногенных геохимических аномалий способствует низкое содержание зольных элементов в исходном верховом торфе: на низком фоне ощутима обогащенность торфяной золы многими химическими элементами. Зольность торфов на площади

аномалий значительно выше, чем на фоне (1-2%), она достигает 12-45% на участке свежего загрязнения и снижается до 3-12% на старом. Торф, загрязненный шламами, отличаются повышенным варьированием содержания многих химических элементов по сравнению с фоном.

В начале активного загрязнения шламами среднее содержание калия в торфе возросло более чем в 80 раз, кальция – в 40 раз, серы – в 20 раз. Со временем за счет снижения зольности торфа на площади старых аномалий среднее содержание К снизилось в 17 раз, Са и S – в 4 раза, хотя все же превышает фоновый уровень: калия и серы – в 5 раз, кальция в 14 раз.

Торф на новой аномалии по сравнению с фоном обогащен легким галогеном Cl в 7600 раз, а после рассоления на старой аномалии – в 110 раз. При этом с течением времени изменяется характер остаточного засоления: из хлоридного оно превращается в хлоридно-сульфатное. Это видно из величин отношения Cl/S в золе торфа. На территории новой аномалии это отношение составляет в среднем ~15. Напротив, на территории старых аномалий это отношение снизилось до 1. Несмотря на резкое снижение содержания Cl в золе, концентрация более тяжелых галогенов: Br и I, наоборот возросла по сравнению со свежей аномалией. В результате отношение Cl:Br в районе старых аномалий снизилось в среднем до 21, тогда как в районе новой аномалии оно достигало 560. Еще контрастнее изменилось отношение Cl:I. В районе старых аномалий оно стало в среднем – 38, а на новой аномалии – 4400. Это говорит о закреплении в торфе Br и особенно I, но не Cl. В торфе на территории старых амбаров в десятки раз возросло содержание тяжелых щелочноземельных металлов Sr и Ba по сравнению с фоном и примерно вдвое по сравнению с новой аномалией. В среднем фоновое содержание тяжелых металлов в торфе на участке свежего загрязнения превышено Zn в 30 раз, Mn – в 40 раз, Ni – в 110 раз, а лантанидами La и Ce – в 70 раз. Со временем загрязненность торфа тяжелыми металлами снижается, хотя и заметно превышает фоновый уровень.

Таким образом, новообразованные геохимические аномалии в гидроморфных условиях отличаются неустойчивостью. После прекращения эксплуатации амбаров торф постепенно рассоляется: теряется Cl и K по сравнению с новой аномалией. Но усиливается загрязненность торфа тяжелыми щелочноземельными металлами Sr и Ba.

Сравнение содержания с фоном в золе или в торфе в целом позволяет разбить все химические элементы на две группы. К первой группе относятся элементы, содержание которых в золе не выше фонового, а загрязнение ими обусловлено только высокой зольностью торфяных почв вблизи амбаров. Вероятно, торф обогащен этими элементами только в результате химического загрязнения. Ко второй группе относятся те элементы, содержание которых в золе заметно превышает фоновое. Для них можно предположить, кроме химического, также и биохимический механизм обогащения торфа за счет накопления этих элементов растениями-торфообразователями.

Таблица 1

Группы химических элементов, накапливающихся только в торфе, или в золе и торфе

Элементы, накапливающиеся в торфе (участвуют в химическом загрязнении)	Элементы, накапливающиеся, как в золе, так и в торфе (участвуют в химическом и биохимическом загрязнении)
Новая аномалия	
Na, Mg, P, S, Mn, Cr, Cu, Zn, Zr, Pb, Y	K, Ca, Fe, Cl, Br, I, Sr, Ba, Ni, La, Ce
Старые аномалии	
Na, Mg, K, S, Cr, Zr, Pb, Y	P, Ca, Fe, Cl, Br, I, Sr, Ba, Ni, Mn, Cu, Zn, La, Ce

Независимо от возраста загрязнения в первую группу элементов, участвующих только в химическом загрязнении, входят: Na, Mg, S, а также ряд тяжелых металлов, известных своей токсичностью: Cr, Pb. Во вторую группу элементов, участвующих в биохимическом накоплении, входит явный биофил Ca и элементы, способные к накоплению растительностью: Fe, Sr, Ba, а также лантаниды La и Ce, применяемые в качестве микроудобрений.

Со временем, по мере самовосстановления загрязненной почвы, состав элементов обеих групп изменился. Число элементов, участвующих в биохимическом обогащении возросло, за счет сокращения тех элементов первой группы, которые на начальном этапе загрязнения не участвовали в биохимическом накоплении. Если на площади новой аномалии было 11 элементов, накапливающихся растениями-торфообразователями, то после самовосстановления растительности на участках старых аномалий, их стало уже 14. После самовосстановления растительности на торфяной почве повысилась биофильность P, Mn, Cu и Zn.

**О НЕКОТОРЫХ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ФОРМИРОВАНИЯ
ОРГАНОПРОФИЛЕЙ**

М.М. Акишина, Л.Г. Богатырев, М.С. Малинина

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: voronmari6@gmail.com

Детритогенез, как один из важнейших процессов, связанный с накоплением и преобразованием соединений углерода в ландшафте, терминологически был сформулирован выдающимся геохимиком и географом М.А. Глазковской [1], которая неоднократно обращалась к этой проблеме – от первых работ по Тянь-Шаню – до современных работ в области поведения углерода в процессе педолитогеоза [2]. Настоящая работа посвящена морфогенетическому анализу строения органопрофилей в пределах севера Русской равнины и некоторых районов Дальнего Востока. Сравнительный анализ морфологического строения органопрофилей, проведенный на основе использования разработанной классификации подстилок [3,4], предусматривающей выделение на типовом уровне деструктивных, ферментативных, гумифицированных, перегнойных, торфянистых и торфяных подстилок показал, что в пределах Европейского Севера основные географические закономерности сводятся к увеличению от тундровых к таежным экосистемам доли гумифицированных подстилок. При подстилании почв карбонатами в пределах Архангельской области (Плесецкая и Каргопольская сушь), существенно изменяющимся водно-воздушный режим в условиях среднетаежных ландшафтов, возрастает роль ферментативных и деструктивных подстилок, основной ареал которых в большей степени тяготеет к южнотаежным ландшафтам. Кроме того, с севера на юг изменяется положение элементарных ландшафтов в системе сопряженных геохимических ландшафтов, которые могут характеризоваться как наиболее благоприятные с точки зрения накопления углерода. Оказалось, что если в тундровых экосистемах (южная тундра) наиболее благоприятные условия складываются на слабодренированных территориях и даже увлажненных, но обеспеченных в большей степени теплом в летний период, транзитно-аккумулятивных ландшафтах, то в северной тайге они обнаруживаются на склонах с характерным проточным увлажнением. Как правило, в том и другом случае это совпадает с ростом в этих ландшафтах общих запасов органического вещества в надземной фитомассе и повышении бонитета леса. В пределах южной тайги благоприятные условия для накопления углерода обычно формируются в условиях хорошо дренированных водораздельных пространств. Но уже в широколиственных лесах центры потенциального накопления углерода смещаются к склоновым ландшафтам, для которых характерно более близкое залегание почвенно-грунтовых вод. Например, хорошо известна подобная ситуация, неоднократно описанная для Тульских засек, с их серыми лесными глеевыми почвами, ранее называвшиеся темно-серые лесные почвы грунтового увлажнения. В степных ландшафтах, формирующихся вне зоны яркого проявления элементов засоления, центры накопления углерода смещаются в аккумулятивные ландшафты с хорошо известными почвами лугового ряда, например, каштаново-луговыми или черноземно-луговыми почвами. Таким образом, вполне можно говорить об определенных географических закономерностях. Но если в северных ландшафтах ведущая роль принадлежит верховодке, то на юге она уступает место почвенно-грунтовым водам.

Весьма сложным и до сих пор достаточно мало освещенным в литературе остается вопрос о специфике формирования органопрофилей в условиях полугидроморфного и гидроморфного режимов, кроме общего довольно тривиального тезиса о торфообразовании как одного из ведущих процессов. Однако, мало данных решенных в сравнительно географическом аспекте. В связи с этим первоначально была поставлена задача более детальной группировки торфянистых и торфяных типов органопрофилей. Эта проблема была решена на основе анализа более 1000 описаний почв таежных экосистем Европейского Севера и соответствующих ландшафтов Дальнего Востока. Широкое распространение торфянистых и торфяных типов подстилок в том и другом регионах в сочетании с их различным строением обусловило необходимость в их более детальной дифференциации в морфогенетическом и классификационном отношении. Так, в обеих группах дополнительно были выделены: а) консервированные разности – при наличии в профиле горизонтов сильно разложившегося торфа; б) перегнойные разности – при наличии соответствующего горизонта в профиле торфянистых или торфяных типов; в) при залегании перегнойного горизонта под слоем сильно разложившегося торфа выделяли группу – торфянисто- или торфяно-консервировано-перегнойных разностей. Такое деление позволило детализировать и провести сопоставление органопрофилей на большом фактическом материале и оценить некоторые тенденции относительно поведения углерода в различных ландшафтах.

Установлено, что в условиях дальневосточных ландшафтов с их частой приуроченностью к горным территориям и приуроченностью к зоне распространения многолетнемерзлых пород на 30% увеличивается общее разнообразие встречаемых типов органопрофилей на уровне групп (рис. 1, 2) по сравнению с аналогичными среднетаежными экосистемами Европейского Севера. В первую очередь это касается увеличения в группе торфянистых и торфяных типов.

Сравнение, проведенное только для торфянистых и торфяных типов, еще в большей степени увеличило разнообразие в строении органопрофилей, развивающихся в условиях дальневосточного региона до 50% (рис. 3, 4) относительно европейского региона. Было бы неверным не отметить формирование в дальневосточном регионе сухоторфянистых подстилок, описанных как специфическая, развивающаяся здесь группа. Однако, следует отметить, что это выделение, хотя и вполне обоснованное, но носит преимущественно экологический характер

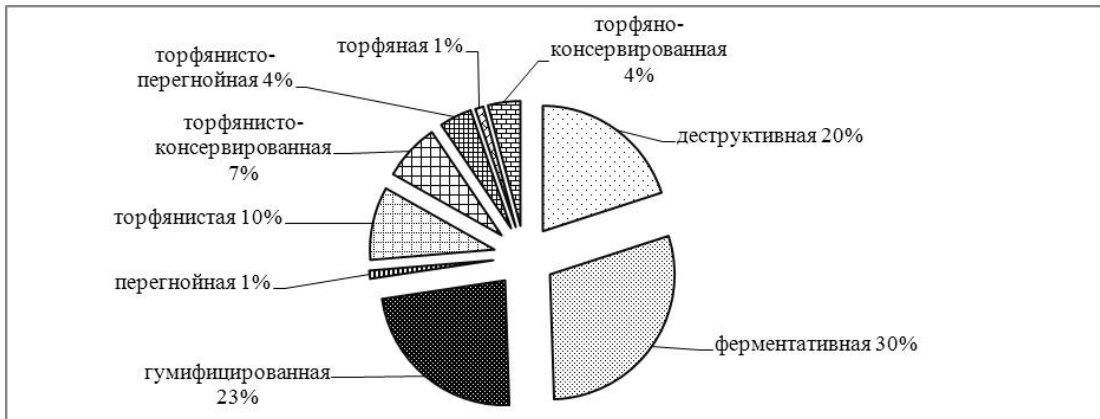


Рис. 1. Встречаемость типов подстилок в среднетаежной зоне Европейского Севера, % (n=95)

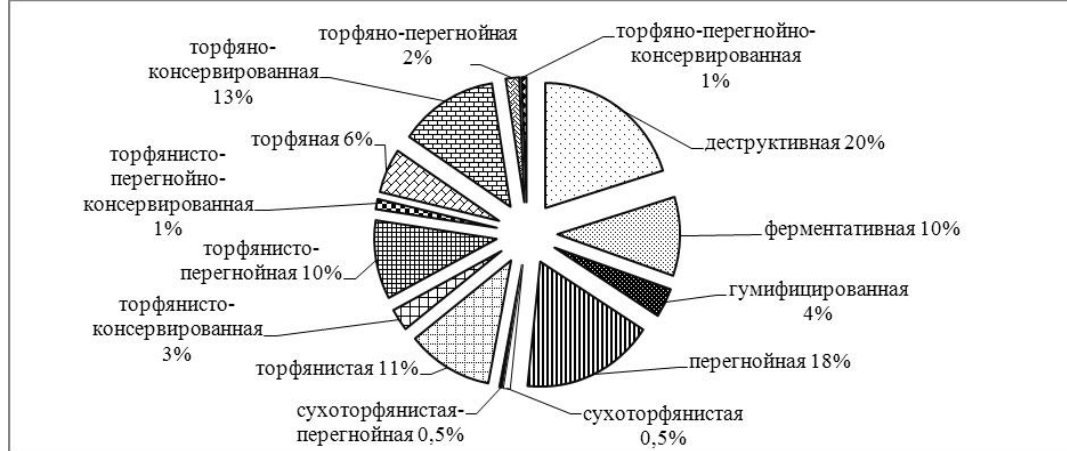


Рис. 2. Встречаемость типов подстилок в среднетаежной зоне Дальнего Востока (Мерзлотные территории), % (n=451)

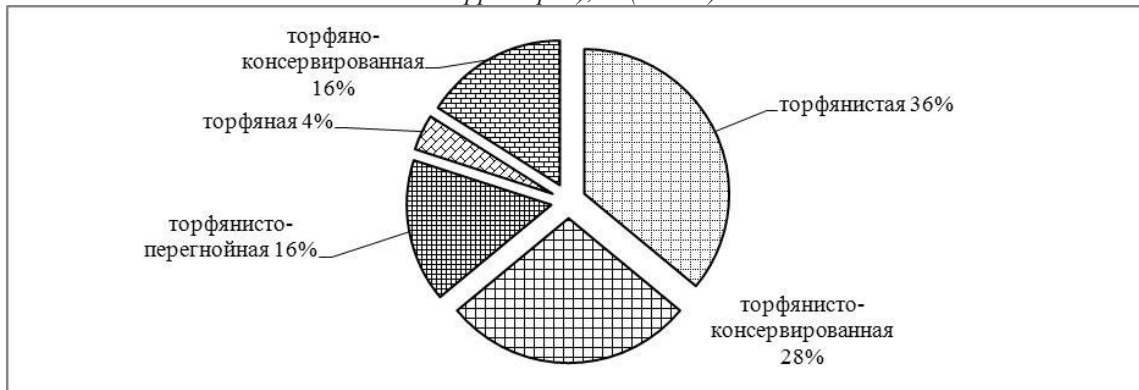


Рис. 3. Встречаемость интразональных типов подстилок в среднетаежной зоне Европейского Севера, % (n=25)

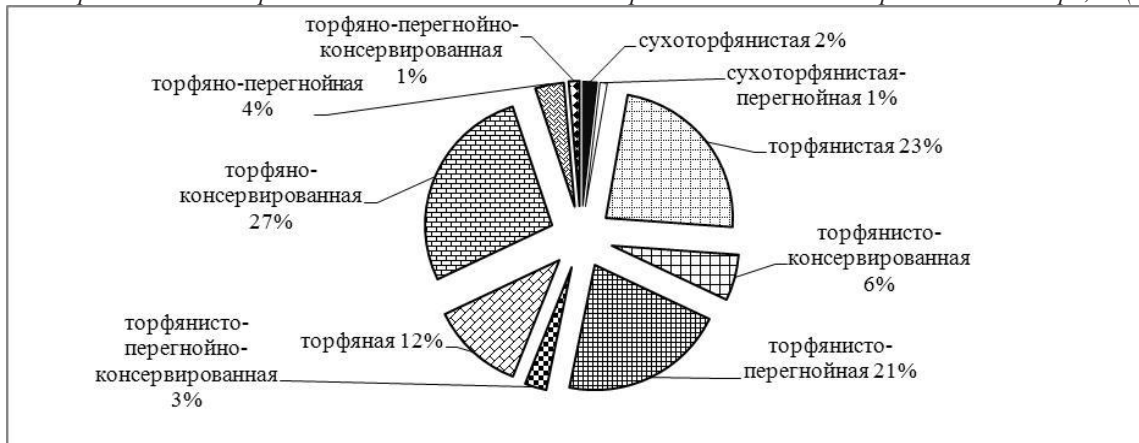


Рис. 4. Встречаемость интразональных типов подстилок в среднетаежной зоне Дальнего Востока, % (n=218)

Важной стороной анализа органофильей нам представлялось сравнение доли участия в профиле органического вещества, представленного в максимально преобразованном виде и имеющего консервированный или перегнойный характер. Предварительное сопоставление двух регионов показало, что доля пула преобразованного органического вещества по отношению ко всему профилю, как правило, выше для территории таежных ландшафтов Европейского Севера по сравнению с дальневосточными ландшафтами. Следует отметить, что пока речь идет о явлении, которое следует рассматривать как тенденцию.

Таким образом, формирование органофильей Дальнего Востока в условиях горного ландшафта, осложненного наличием мерзлоты, приводит к более высокому разнообразию преобразования наземного детрита, что отражается в первую очередь на общем разнообразии строения органофильей. В тоже время случаи далеко зашедших стадий преобразования органического вещества в профиле торфянистых или торфяных органофильей, можно найти с гораздо большей вероятностью в условиях Европейского Севера. Очевидно, это объясняется, по крайней мере, двумя факторами. Первый – это наличие мерзлоты, как причины, не только заведомо ограничивающего мощность почвы вообще в пределах дальневосточного региона, но и контролирующего процессы преобразования органического вещества в процессе детритогенеза. Второй фактор – это то, что нами анализировались горные территории, в пределах которых сложность, а, следовательно, и разнообразие строения органофильей потенциально может быть всегда заведомо выше по сравнению с равнинными территориями.

Литература

1. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР М.: Наука, 1988, с.327.
2. Глазовская М.А. Педолитогенез и континентальные циклы углерода. Изд-во МГУ, Геогр. фак., М., 2009.
3. Богатырев Л.Г. О классификации лесных подстилок. Почвоведение, №3, 1990, стр. 118-127
4. Богатырев Л.Г., Алябина И.О., Маречек М.С., Самсонова В.П., Кириченко А.В., Коновалов С.Н. Подстилка и гумусообразование в лесных формациях Камчатки. Лесоведение, N3, 2008, с. 28-38.

УДК 550.424

НЕКОТОРЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ СЕЛИТЕБНЫХ ЛАНДШАФТОВ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

В.А. Алексеенко

НИИ ГБ ЮФУ, Новороссийск, e-mail: ecogehim@mail.ru

Увеличение детальности эколого-геохимических исследований требует разделения по ряду признаков громадного числа населенных пунктов, т.е. их классификации. К настоящему времени наибольшее распространение получили классификации, разработанные А.И. Перельманом и Н.Ф. Мырляном (1984), В.А. Алексеенко (1989,1990,2006), А.И. Перельманом и Н.С. Касимовым (1999). В классификациях А.И. Перельмана и Н.С. Касимова и А.И. Перельмана и Н.Ф. Мырляна содержится до 10 таксономических единиц: ряды, порядки, отряды, разряды, группы, типы, семейства, кланы, роды и виды. Высшие 4 устанавливаются по негеохимическим параметрам, а 6 низших таксонов по тем же признакам, что и в систематике природных ландшафтов.

Классификация В.А. Алексеенко, используемая в этой работе, базируется на таксономических уровнях (рис. 1).

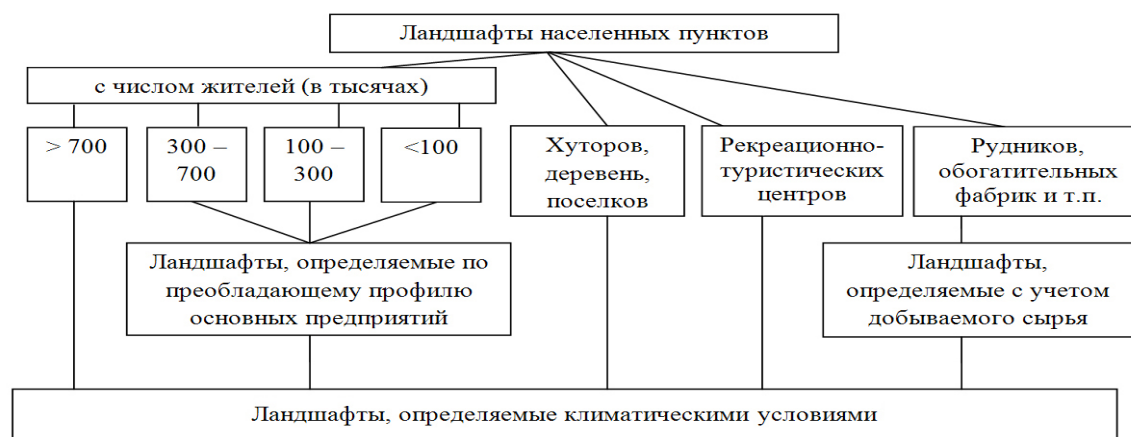


Рис.1. Схема объединения ландшафтов населенных пунктов.

На первом и втором уровнях ландшафты обособливаются в зависимости от числа жителей в населенном пункте, а для части населенных пунктов учитывается также профиль преобладающего предприятия. На третьем уровне учитываются климатические особенности, влияние которых только в отдельных группах селитебных ландшафтов может существенно изменить процессы миграции-концентрации элементов в населенном пункте. Хочу отметить, что научным редактором монографий с изложением рассматриваемой классификации был А.И.

Перельман, считавший, что в зависимости от поставленной цели исследований могут изменяться принципы принятых классификаций.

Почвы населенных пунктов, являясь не только составной, но и депонирующей их частью, отражают многочисленные процессы поступления, миграции и концентрации химических элементов (их соединений) в селитебных ландшафтах. Одним из важнейших показателей, характеризующих эколого-геохимические особенности почв, служит распространенность в них химических элементов.

Для изучения распространенности элементов в почвах селитебных ландшафтов устанавливалось сначала среднее содержание в каждом из 300 населенных пунктов (в дальнейшем, при составлении общей выборки проб, оно рассматривалось как одна проба), а затем определялось среднее содержание для почв селитебных ландшафтов. Почвы более половины городов опробовались нами и анализировались (обычно параллельно) в пяти аттестованных и аккредитованных лабораториях (включая арбитражную) в различных организациях и городах спектральным, рентгенофлуоресцентным, классическим химическим, нейтронно-активационными методами. Также использовались литературные данные; в случаях нескольких отличающихся содержаний по одному городу, устанавливалось среднее содержание по публикациям. Работы проводились более 10 лет, а полученные данные характеризуют почвы конца XX– начала XXI века. Устанавливались также средние содержания элементов в почвах отдельных групп населенных пунктов, отличающихся по числу жителей. Уже первый анализ полученных данных позволил сделать следующие выводы:

1. Распространенность в почвах населенных пунктов химических элементов в значительной мере унаследовала общие закономерности их распространенности в земной коре и в почвах Земли: крайнюю неравномерность распространенности; связь содержаний элементов с их атомной массой, приведшую к преобладанию легких элементов; а также преобладание в рассматриваемой геохимической системе четноатомных элементов и особенно элементов с атомной массой ведущего изотопа кратной четырем.

2. В значительной мере под влиянием процессов техногенеза в почвах увеличились концентрации элементов, относимых к «избыточным для данной системы» (Zn, Pb и др.). Процессами техногенеза можно объяснить и повышенные, по сравнению с почвами Земли, в 3-80 раз содержания таких элементов, как As (3,2), В (4,5), Са (3,9), Hg (80); и повышенные в 1,5-2 раза кларки Ва (1,7), Cd (1,8), Р (1,5), S (1,4), Со (1,8), Сu (1,9) (в скобках кларк концентрации по отношению к почвам Земли).

3. У элементов с повышенным кларком в почвах населенных пунктов в 2 и более раз, по сравнению с кларком земной коры как Ag (5,3), As (9,4), Вi (124,5), Мо (2,2), Sn (2,7), W (2,2), Yb (7,3) (в скобках кларк концентрации по отношению к земной коре), содержания в почвах селитебных ландшафтов вероятнее всего связаны с совместным воздействием природных процессов почвообразования и интенсивной антропогенной деятельностью. Кларковые содержания значительной части химических элементов в почвах населенных пунктов стали значительно отличаться от соответствующих кларков земной коры и от средних содержаний, установленных для почв Земли. Эти отличия делают необходимым для решения многих (в первую очередь экологических) проблем выделение такой геохимической системы как почвы населенных пунктов, с установлением для этой системы своих кларковых содержаний. Ими можно считать установленные средние содержания.

4. По результатам сравнения средних содержаний химических элементов в почвах выделенных групп населенных пунктов установлено, что в городах с населением свыше 700 тысяч жителей находится наибольшее число элементов, образующих повышенные средние концентрации. К ним относятся такие наиболее часто используемые при современном уровне развития науки и техники как Pb, Zn, Ag, Cu, Mn, Со, Ni, Ti, Sn и др. В почвах этой же группы населенных пунктов находится наименьшее (по сравнению с другими группами) число элементов с пониженными средними содержаниями. Наименьшее число химических элементов с повышенными (по сравнению с другими группами) средними содержаниями в почвах характерно для небольших поселков, деревень, станиц, хуторов (Be, Ga, Mo, Ti).

5. По числу элементов с существенно повышенными по отношению к кларку почв селитебных ландшафтов содержаниями, группы населенных пунктов распределяются следующим образом (в скобках кларк концентрации): 1) с числом жителей 300-700 тысяч – Sb (15); 2) небольшие поселки, хутора – Be (2,6), Мо (1,5); 3) рекреационно-туристические центры – Cd, Cu (3), Sb (12,5); 4) с числом жителей более 700 тысяч – As, Cu, Sn (1,4-1,5), Cd (3,2); 5) с числом жителей 100-300 тысяч – Nb, Zr, Y (1,5-1,6), Bi (2), Tl (9,3); 6) с числом жителей менее 100 тысяч – Ca, Cd, Ge (1,4-1,6), Tl (1,9), В (9,7), Sb (78). По числу элементов с существенно пониженными средними содержаниями, группы населенных пунктов располагаются следующим образом (в скобках кларк рассеяния): 1) рекреационно-туристические центры – Be, Sr (0,7); 2) с числом жителей 300-700 тысяч – Mg (0,6), Cr, Zn (0,7); 3) с числом жителей более 700 тысяч – Ca (0,3), La (0,4), Cl (0,6), Ta (0,7); 4) с числом жителей 100-300 тысяч – Cr (0,5), Zn (0,6), Ba, Cu, Ni (0,7); 5) с числом жителей менее 100 тысяч – Be, Mn, Ni, Zn (0,6); Cu, Pb, Sr (0,7); 6) небольшие поселки, хутора – Cd (0,2), As (0,3), Pb (0,4), Sr, Zr (0,5), Zn, Ba, V, Sc (0,6); Ag, Cr, Ta, Y (0,7).

6. Приведенные данные, во-первых, косвенно указывают на роль техногенных процессов в накоплении химических элементов в почвах каждой группы селитебных ландшафтов. Во-вторых – подтверждают положение о том, что эта роль изменяется в зависимости от числа жителей в населенном пункте. В-третьих, эти данные указывают на необходимость учета, при детальном эколого-геохимическом исследовании, числа жителей в населенных пунктах. 7. В отдельных группах населенных пунктов встречаются города, отличающиеся от остальных резко повышенными средними содержаниями в почвах не одного, а сразу нескольких химических элементов. Основной причиной этого явления обычно является особенность развития в городе промышленных предприятий.

8. После выноса за пределы городов источников повышенных содержаний в почвах химических

элементов, повышенные содержания сохраняются десятилетиями.

9. Установленные кларки почв населенных пунктов являются их геохимической (эколого-геохимической) характеристикой, отражающей совместное воздействие техногенных и природных процессов, происходящих в определенном временном срезе. С развитием науки и техники значения приводимых кларков могут постепенно изменяться. Скорость таких изменений пока невозможно предсказать, но впервые приводимые значения кларков могут, и мы надеемся, будут использованы, и как своеобразные реперы.

УДК 504.53.062.4

ПРИРОДНЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ НА НАНОСАХ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Б.С. Альжанова

ЗКГУ имени М. Утемисова, Уральск, Республика Казахстан, e-mail: aljanB@mail.ru;

Изучению процессов техногенеза на «новых» грунтах М.А. Глазовская в своей научно-исследовательской деятельности уделяла много внимания [1]. Особенно в больших масштабах уничтожение почвенного покрова происходит в районах добычи нефти и газа.

Объектом нашего исследования был обвалованный по периметру участок территории нефтегазоконденсатного месторождения в Западно-Казахстанской области, на котором произошел выброс подземных осадочных горных пород, пропитанных нефтепродуктами и сероводородом, что привело к радикальным изменениям экосистемы и их компонентов. В результате грязевулканической деятельности, инициированной аварией на скважине, площадь в 53,2 гектаров была покрыта сплошным слоем глин и превратилась в техногенную пустыню. Темно-каштановые почвы были погребены слоем загрязненной и засоленной карбонатной глины толщиной 10-100 см.

Цель исследования состояла в изучении возможности восстановления почвенно-экологических функций данного объекта, создания устойчивого растительного покрова и вовлечение этих земель в хозяйственный и биогеоценотический оборот.

Толщина слоя наносов во многом определяется микрорельефом погребенных почв. В центре участка она достигает 90-100 см, на окраинных участках – 70-80 см. У края обвалованной зоны толщина наносов составляет 5-10 см. Преобладающими являются наносы с тяжелым механическим составом с повышенным содержанием ила (до 30 и более %) и физической глины (до 72 %).

Неблагоприятные условия произрастания (механический фактор, дефицит питательных веществ, загрязненность, засоленность и т.д.) в условиях засушливости климата затрудняют самовосстановление растительного покрова и освоение данного экотопа организмами.

Естественное зарастание происходило в основном на краевых участках, где мощность наносов не превышала 25-30 см. Очевидно, в этих местах почвообразовательные процессы, происходящие под воздействием комплекса природных биотических и абиотических факторов, обеспечили необходимые условия для роста и развития естественной растительности. Травостой представлен, в основном, первичными растительными группировками, которые отличаются большой жизнеспособностью, выносливостью и приспособляемостью к неблагоприятным условиям окружающей среды. Основу растительности составляют однолетние виды растительности: марь белая, эхинопсилон иссополистный, кохия веничная, полынь горькая, щавель конский и др. Сначала они закрепляются в микропонижениях, борозде от шелереза, после чего занимают всю площадь. Позднее они постепенно уступают место многолетним видам: вейнику тростниковидному, осоту розовому, молокану татарскому, ромашке непахучей и другим, которые, образуя дернину и достигая корнями погребенных почв, создают устойчивые группировки растительности.

Несмотря на происходящие процессы частичного восстановления естественной растительности и зарастания периферийной части, основная площадь участка остается безжизненной и нуждается в проведении мелиоративных мероприятий.

Оценивая наносы в качестве материнских пород, можно отметить их относительно благоприятные почвообразующие свойства: высокую диспергированность, способность к агрегированию, хорошую водоудерживающую способность, способность впитывать и удерживать питательные вещества.

За 10-летний период на поверхности наносов сформировался 10-12 сантиметровый горизонт, который находится под постоянным воздействием температурных, световых и водно-воздушных факторов. Наличие элементарной почвенной структуры, низкий уровень концентрации загрязняющих веществ, слабое засоление этого горизонта явилось объективной предпосылкой возможности выращивания на них полевых культур, при условии применения мелиорантов, улучшающих водно-воздушный, пищевой и солевой режимы корнеобитаемого слоя.

Находящийся под ним средний слой, толщиной 10-100 см, характеризуется очень низкой газо- и водопроницаемостью, слитностью. При подсыхании на поверхности структурных отдельностей образуется белесая солевая корка. Отмечаются участки застоя влаги в верхней и средней части, не просыхающей даже в летний период.

Нижний слой толщиной 3-5 см, непосредственно соприкасается с погребенными темно-каштановыми почвами. В нем наблюдаются процессы в виде проникновения гумусированных частиц вверх и вымывания наносных элементов вниз. Таким образом, этот слой формируется как своеобразный переходной горизонт.

Погребенные темно-каштановые почвы за прошедшее после выбросов время внешне не претерпели существенных изменений. Они имеют типичное зональное строение и состоят из трех основных горизонтов:

гумусово-аккумулятивного (A+B1), переходного (BC) и материнской породы (C). Заметная трансформация отмечается лишь у погребенного гумусового горизонта: более темная окраска, уплотненность, пластинчато-ореховатая структура и гляцевитость. Застой влаги и преобладание анаэробных условий привели к оглеению верхней части горизонта. Глубже морфологические свойства погребенных темно-каштановых почв почти не отличаются от зональных темно-каштановых почв.

Опорными для описания и анализов были выбраны поверхностные образования, которые различаются механическим составом, степенью зарастания растительностью и продолжительностью проводимых мелиоративных мероприятий (табл. 1).

Таблица 1

Физико-химические свойства верхнего 0-20 см слоя глинистых наносов

№ разреза	Мощность наносов, см	Степень зарастания, %	C _{орг} , %	pH	Емкость поглощения, мг-экв на 100 г	Na _{погл} , мг-экв на 100 г	Сумма солей, %	Ил, %	Физическая глина, %
Естественное зарастание									
1	30-35	10-20	0,42	7,3	11,2	0,33	0,307	22,3	42,8
2	60-70	0-5	2,67	7,5	10,4	1,6	0,674	33,2	61,6
3	40-45	50-60	3,6	8,7	18,0	0,1	0,192	25,8	49,6
Зарастание с проведением мелиоративных мероприятий (2-3 года)									
4	40-45	40-50	1,97	8,5	13,4	0,25	0,820	23,1	50,1
5	35-40	60-70	2,03	8,1	17,8	0,1	0,314	21,1	40,4
6	90-100	70-80	2,03	7,8	12,2	Отс.	0,842	19,2	35,2
7	80-90	выпад	1,97	8,1	13,4	0,25	0,314	26,8	41,4
Темно-каштановые почвы периферийных участков									
8	0	60-90	1,68	7,2	26,1	Отс.	0,163	16,4	33,2

Результаты проведенных исследований показывают дифференциацию наносов на 3 слоя по механическому составу, что согласуется с морфологическим описанием. Верхний слой наносов характеризуется незначительным обеднением илестых частиц (<0,001 мм) по сравнению со средним слоем. Нижние горизонты наносов, соприкасающиеся с погребенными темно-каштановыми почвами, характеризуются облегченным механическим составом, что возможно является следствием первоначальной дифференциации грязе-водяного потока. Общие закономерности распределения тяжелых металлов в поверхностно-почвенном слое обусловлены химическим, гранулометрическим составом наносов и их мощностью. Средневзвешенные концентрации остаточных техногенных веществ представлены в таблице 2.

Таблица 2

Содержание остаточных техногенных веществ в 0-20 см слое глинистых наносов (мг/кг)

№№	Остаточные нефтепродукты	Zn	Cd	Cu	Pb	Ni
Естественное зарастание						
1	403,2	16	0,6	1,56	5,6	2,46
2	25,23	21	0,3	3,4	5,39	6,6
3	30,95	4,32	0,22	1,54	6,9	8,3
Зарастание с проведением мелиоративных мероприятий (2-3 года)						
4	277	19	0,4	2,9	2,7	2,93
5	8,42	18,8	0,5	3,5	2,3	3,38
6	8,63	20	0,3	3,0	7	4,8
7	32,43	7,9	0,68	1,60	3,64	5,3
Темно-каштановые почвы периферийных участков						
8	3,24	1,32	0,03	1,2	2,69	

Преобразование выбросов осадочных горных пород в исходную темно-каштановую почву - непосильная задача. Поэтому целью мелиоративных мероприятий может быть только восстановление основных экологических функций почвенного покрова посредством создания сомкнутой растительности. В то же время, создание устойчивого растительного покрова закономерно сопровождается активизацией почвообразовательных процессов и ведет к ускоренному формированию почвенных горизонтов.

В результате целенаправленного воздействия комплекса агротехнических, агрохимических и фитомелиоративных мероприятий наблюдается повышение содержания элементов, составляющих плодородие почв. Одним из основных показателей является формирование корнеобитаемого горизонта не менее 20-30 см – первого генетического горизонта молодых почв. Именно он определяет уровень устойчивости и стабильности создаваемых фито- и агроценозов и активизации почвообразовательных процессов в техногенных экотопах.

Со временем следует ожидать формирования почв как генетических образований, которые могут занять соответствующую экологическую нишу. Процессы разложения растительного вещества и накопление гумуса обуславливают в значительной степени их развитие и превращают в зрелую почву.

Литература

1. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов. М.: Географический факультет МГУ, 2007. 350 стр.

УДК 631.48

ЗАКРЕПЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА И ЕГО ЗАПАСЫ В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ЛАНДШАФТОВ РОССИИ

И.О. Алябина, Л.Г. Богатырёв

МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, e-mail: alio@yandex.ru, bogatyrev@ps.msu.ru

Оценка поведения углерода является одним из фундаментальных вопросов современного почвоведения. Не случайно М.А. Глазовская определяет педолитогенез как «совокупность процессов образования в почвах потенциально стабильных, содержащих гумус комплексов и соединений, и захоронения в глубоких горизонтах почв и толщах рыхлых отложений» [1, с. 8]. Изучением поведения углерода в различных природных сферах занимались многие исследователи, часть работ основывалась на картографических методах получения и отображения результатов.

Настоящая работа посвящена оценке геохимических ландшафтов по уровню потенциального закрепления органического углерода ($C_{орг}$) в почвенном покрове и её сопоставлению с оценкой по уровню запасов $C_{орг}$ в почвенном слое 0-100 см. Расчёты проводили в программе MapInfo (ver. 9.5.1).

Поведение (потенциальное закрепление) органического углерода в почвах в пределах биомов и геохимических ландшафтов изучали, используя созданную для этих целей цифровую карту [2, 3]. Карта геохимических ландшафтов составлена путём генерализации карты геохимических ландшафтов СССР масштаба 1:20 000 000 [4]. Были учтены также современные сведения о широком распространении в пределах полуострова Таймыр почвообразующих пород, насыщенных основаниями. Принимая во внимание роль кальция в поведении $C_{орг}$ в ландшафтах, геохимические классы объединили в 5 групп, болота из рассмотрения исключили (табл.1, рис.1). Были выделены следующие группы классов ландшафтов: H^+ -класса – с ведущей ролью иона водорода; H^+-Ca^{2+} -класса – переходная группа ландшафтов с участием кальция и иона водорода; Ca^{2+} -класса – с абсолютной ролью кальция; $Ca^{2+}-Na^+$ -класса – с участием иона натрия, обеспечивающего подвижность углерода в щелочной среде; Na^+,Cl^-,SO_4^{2-} -класса – с участием легкорастворимых солей, в присутствии которых происходит коагуляция органических соединений.

Таблица 1

Классы геохимических ландшафтов

Группы классов	Классы геохимических ландшафтов по А.И.Перельману
H^+	Кислый и кислый глеевый (H^+,H^+-Fe^{2+})
	Кислый глеевый (H^+-Fe^{2+})
	Кислый (H^+)
H^+-Ca^{2+}	Переходный от кислого к кальциевому (H^+-Ca^{2+}), местами в комплексе с кислым (H^+) и кальциевым (Ca^{2+})
	Кислый (H^+) в сочетании с кальциевым (Ca^{2+}) и глеевым (H^+-Fe^{2+},Ca^{2+})
Ca^{2+}	Карбонатный (Ca^{2+})
	Карбонатный глеевый ($Ca^{2+}-Fe^{2+}$)
$Ca^{2+}-Na^+$	Кальциево-натриевый ($Ca^{2+}-Na^+$)
	Солонцовый (Na^+)
	Содовый ($Na^+-HCO_3^-$) в сочетании с кальциевым (Ca^{2+})
Na^+,Cl^-,SO_4^{2-}	Соленосно-сульфидный (Na^+,SO_4^{2-},Cl^-,H,S)

Характеристика поведения (потенциального закрепления) $C_{орг}$ в почвах проведена с учётом гранулометрического состава отложений, играющих ведущую роль в формировании органоминеральных соединений и обуславливающих их сохранность. Информация о гранулометрическом и петрографическом составе почвообразующих пород получена с цифровой почвенной карты РСФСР масштаба 1:2 500 000 [5]. В зависимости от сочетания пород, преобладающих в пределах ландшафтов созданной цифровой карты, были выделены восемь вариантов потенциального поведения органического углерода (табл. 2). Шесть из них характеризуют уровень закрепления $C_{орг}$ в почвах от максимального до минимального и соответствуют последовательно сформированному ряду рыхлых пород от глин до песчаных отложений. Дополнительно выделено два варианта поведения органического углерода. Первый объединяет территории с плотными породами, где потенциально ограничены уровень накопления и миграция углерода в профиле почв, а также возможен более интенсивный латеральный сток. Второй вариант образован для отражения специфики территорий с наибольшим разнообразием поведения углерода, обусловленного распространением в их пределах пород различного гранулометрического состава.

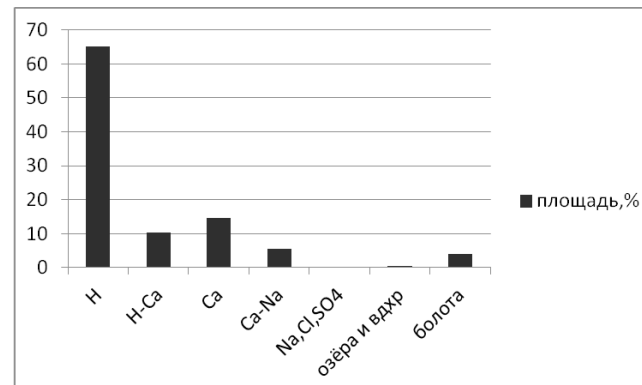


Рис. 1. Площади, занимаемые группами классов геохимических ландшафтов на территории России

Таблица 2

Поведение $C_{орг}$ на различных почвообразующих породах

Варианты поведения	Преобладающие сочетания пород в ландшафтах
Закрепление максимальное	Глины
Закрепление выше среднего	Глины – Суглинки
Закрепление среднее	Суглинки
Закрепление ниже среднего	Двучленные отложения
Закрепление низкое	Суглинки – Пески/супеси
Закрепление минимальное	Пески/супеси
Ограниченное вертикальное перемещение	Плотные породы
Разнообразие в поведении	Глины – Суглинки – Пески/супеси

Результаты расчётов площадей территорий с различным уровнем закрепления $C_{орг}$ в пределах разных ландшафтов приведены на рис. 2. Выявлено, что наименьшая площадь территорий с высокой степенью закрепления $C_{орг}$ в почвах («максимальное» и «выше среднего») характерна для ландшафтов H⁺-класса – около 10%. Почти 50% этих ландшафтов занимают области широкого развития плотных почвообразующих пород с ограниченным вертикальным перемещением органического углерода. Площадь распространения плотных почвообразующих пород на остальной территории страны значительно меньше и снижается от ландшафтов H⁺-Ca²⁺-класса (более 24%) к ландшафтам Ca²⁺-класса (13%) и далее Ca²⁺-Na⁺-класса (менее 4%). В этих геохимических ландшафтах существенна доля территорий с уровнем закрепления $C_{орг}$ средним, выше среднего и максимальным. Ландшафты солёноно-сульфидного класса не сопоставляли с остальными, поскольку на них приходится менее 0,1% площади России.

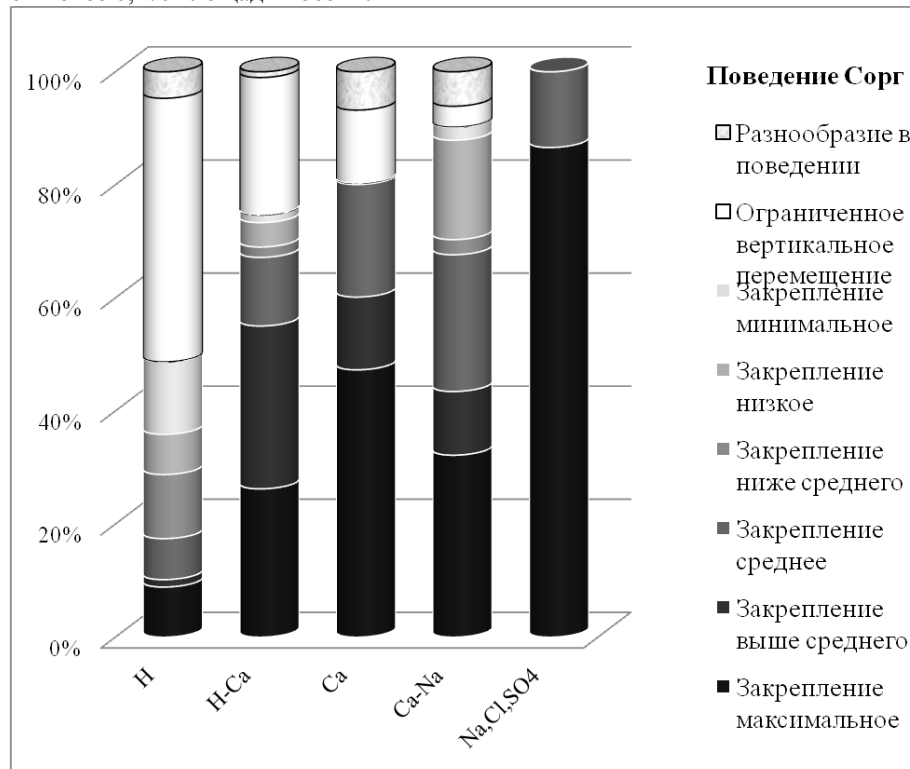


Рис. 2. Доля территорий с различным поведением $C_{орг}$ в пределах классов ландшафтов

Расчётную оценку потенциального закрепления $C_{орг}$ в почвах геохимических ландшафтов сопоставляли с реальными запасами $C_{орг}$, приведёнными на карте запасов органического углерода в почвенном слое 0-100 см [6]. Карта была генерализована: выделенные на ней 12 градаций и 7 уровней по запасам $C_{орг}$ объединили в 4 группы (табл. 3).

Таблица 3

Уровни запасов органического углерода в почвах

Запасы углерода, т/га	Уровень запасов углерода
300-800	очень высокий / сверхвысокий
160-300	выше среднего / высокий
120-160	средний
менее 40 - 120	очень низкий / низкий

Данные расчёта состава территорий ландшафтов по уровню запасов $C_{орг}$ в слое 0-100 см представлены на рис. 3. Большая часть почвенного покрова страны характеризуется очень низким и низким уровнем запасов. Доля таких территорий варьирует от 30% в ландшафтах Ca^{2+} -класса до более чем 70% в ландшафтах H^+ -класса. Почвы, запасы органического углерода в которых имеют уровень очень высокий и высокий, занимают незначительные площади: в ландшафтах H^+ - Ca^{2+} -класса – 1% и Ca^{2+} - Na^+ -класса – 3%, а в ландшафтах Ca^{2+} -класса и H^+ -класса – 7 и 8%, соответственно.

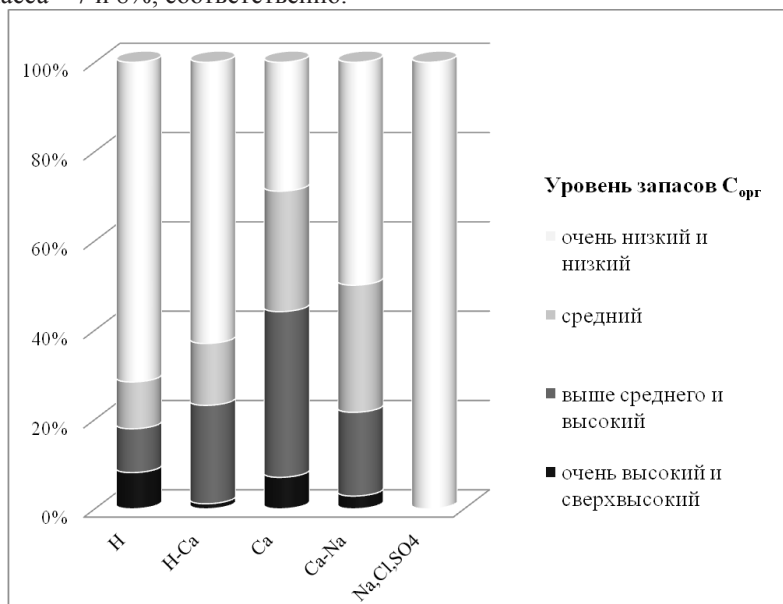


Рис. 3. Доля территорий с различным уровнем запасов $C_{орг}$ в пределах классов ландшафтов

Сопоставление площадей, которые занимают в пределах различных геохимических ландшафтов территории с уровнем потенциального закрепления органического углерода выше среднего и максимальным, и площадей почвенного покрова с запасами $C_{орг}$ от уровня выше среднего до уровня сверхвысокого, иллюстрирует рис. 4.

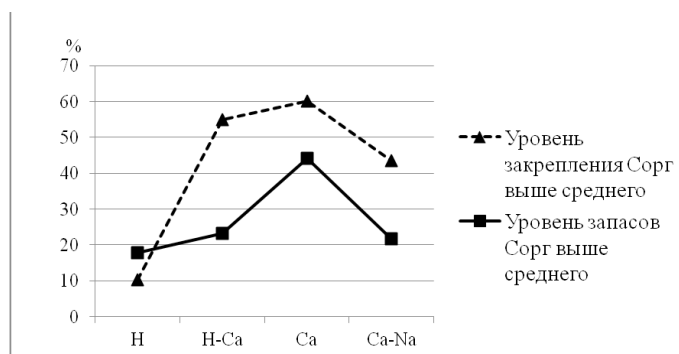


Рис. 4. Площадь территорий с наиболее высокими уровнями закрепления и запасов $C_{орг}$ в пределах классов ландшафтов

Для трёх групп классов геохимических ландшафтов – H^+ - Ca^{2+} , Ca^{2+} , Ca^{2+} - Na^+ – прослеживается чёткая корреляция по площади территорий с наиболее высокими уровнями потенциального закрепления $C_{орг}$ и его запасов. Поскольку характер поведения органического углерода рассчитывался как функция состава почвообразующих пород, очевидно преобладание в пределах ландшафтов закрепления поступающего с растительными остатками углерода на минеральной матрице почв в виде органоминеральных комплексов. В

то же время в ландшафтах с ведущей ролью иона водорода наблюдается совершенно иная картина. Несмотря на то, что доля площадей с почвами и породами глинистого и суглинистого состава относительно невелика, почти 18% почвенного покрова этой территории характеризуются запасами $C_{орг}$ в метровом слое свыше 160 т/га. По-видимому, в ландшафтах H^+ -класса происходит смена основного механизма закрепления $C_{орг}$ в почвах, и ведущую роль играет его связывание в виде органического вещества, сосредоточенного в торфах, оторфованных подстилках, грубогумусовых горизонтах.

Литература

1. Глазовская М.А. Педолитогенез и континентальные циклы углерода. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. 336 с.
2. Алябина И.О., Богатырёв Л.Г. Оценка и картографирование закрепления органического углерода в почвенном покрове // География продуктивности и биогеохимического круговорота наземных ландшафтов: к 100-летию профессора Н.И.Базилевич. Под ред.: Г.В. Добровольского, В.Н. Кудеярова, А.А. Тишкова. Мат-лы конф., (Пушино, 19-22 апреля 2010 г.). М.: Институт географии РАН, 2010. С. 38-50.
3. Богатырёв Л.Г., Алябина И.О. Поведение органического углерода в почвах // Национальный атлас почв Российской Федерации / Под ред. С.А. Шобы. М.: Астрель: АСТ, 2011. С. 226-228.
4. Перельман А.И. Геохимические ландшафты СССР. Масштаб 1:20 000 000. ФГАМ. М.: ГУГК, 1964. С. 238, 297-298.
5. Почвенная карта РСФСР / Под ред. В.М.Фридланда. Масштаб 2 500 000. М.: ГУГК. 1988 (Скорректированная цифровая версия, 2007).
6. Бирюкова О.Н., Бирюков М.В. Запасы органического углерода в почвах // Национальный атлас почв Российской Федерации / Под ред. С.А. Шобы. М.: Астрель: АСТ, 2011. С. 242-243.

УДК 550.846:582.475.4

ГЕОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОСИСТЕМ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ В Г. ПЕРМЬ

Д.Н. Андреев, Н.Е. Гоголина

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, e-mail: egis@psu.ru

Зеленые насаждения обладают уникальной фильтрующей способностью. Они поглощают из воздуха и нейтрализуют в тканях значительное количество вредных компонентов промышленных эмиссий, способствуя сохранению газового баланса в атмосфере. Для условий лесной полосы России наиболее чувствительны к загрязнению воздуха сосновые породы. Это обуславливает выбор сосны как важнейшего индикатора антропогенного влияния, принимаемого в настоящее время за «эталон биодиагностики». Сосна чутко реагирует на изменение условий произрастания, в том числе и загрязнение среды. Помимо этого, сосна широко распространена, благодаря чему упрощается проблема сравнимости данных из разных регионов [1].

Цель данной работы – проведение биогеохимических исследований для определения современного состояния экосистем сосновых лесов урбанизированной среды.

Исследования проводились на особо охраняемой природной территории (ООПТ) местного значения «Черняевский лес». Территория представляет собой лесной массив, который находится практически в центре г. Перми. На лесные экосистемы Черняевского леса оказывают влияние множество антропогенных факторов, такие как автотранспорт, промышленные предприятия, рекреация, прокладка инженерных сооружений и др.

В рамках подготовительного этапа работ на ООПТ выбраны идентичные участки сосновых лесов с помощью методов пространственного анализа на основе данных лесоустройства. Исследования проводились в сосняках зеленомошниках (наиболее распространенный тип леса на данной территории), в котором присутствует подрост сосны обыкновенной. В рамках полевого этапа работ закладывались пробные площадки в ранее выбранных и уточненных биотопах. Всего в Черняевском лесу заложено 10 пробных площадок, на которых проводилось краткое ботаническое описание, замер параметров деревьев, отбор образцов почвы, хвои и кернов деревьев для последующего анализа. Почвенные пробы отбирались методом «конверта», путем смешивания точечных проб составлялась объединенная проба. Глубина опробования 0-10 см (без подстилки), масса объединенной пробы составляла не менее 1 кг. Образцы хвои отбирались с подростка сосны на высоте 1,3 м южной экспозиции с последующим смешиванием пробы. С отобранных веток удалялась хвоя однолетнего возраста. Керны отбирались со среднего по высоте и диаметру дерева на площадке с помощью возрастного бура на высоте 1,3 м. После пробоподготовки образцы отправлялись в лабораторию для определения содержания в них микроэлементов. Лабораторный атомно-абсорбционный анализ выполнялся на дифракционном спектрографе СТЭ-1 методом испарения из кратера. В каждой пробе определялось содержание 36 химических элементов.

Для сравнения результатов исследования выбрана фоновая территория в 100 км юго-западнее г. Перми – ООПТ регионального значения «Осинская лесная дача». На данной территории заложено 16 пробных площадок в типе леса сосняк зеленомошник, на которых проведены аналогичные исследования, что и на территории Черняевского леса.

Полевое обследование на выбранных участках проводилось сотрудниками кафедры биогеоценологии и охраны природы ПГНИУ в августе 2011 г. Результаты работы сравнивались с опубликованными геохимическими исследованиями сосны обыкновенной в Пермском крае [2] и Мурманской области [3]. Качество почв и хвои оценивалось по суммарному показателю загрязнения (Z_c).

Почвообразующими породами на обследуемых территориях являются аллювиальные мелкозернистые пески с прослойками и линзами легкого суглинка и супеси. На пробных площадках преобладающими являются дерново-подзолистые песчаные почвы.

Результаты анализа почвенных образцов позволили выявить геохимические различия обследуемых территорий в целом. Среднее содержание микроэлементов в почве по пробным площадкам в Черняевском лесу превышает этот показатель в Осинской лесной даче, за исключением никеля, кобальта и ванадия. По хрому, марганцу, меди и галлию средние значения содержания элементов в почве примерно равны на данных территориях.

По санитарно-токсикологическим показателям [4, 5] качество естественного почвенного покрова не везде соответствует предъявляемым требованиям. Так, на обеих территориях почти во всех образцах отмечено незначительное превышение нормативов по никелю (до 3 ОДК) и цинку (до 2,5 ОДК), почти в половине проб по ванадию (до 1,4 ПДК) и меди (до 1,9 ОДК). На территории Черняевского леса в двух пробах выявлено значительное превышение нормативов по цинку (14 и 16 ОДК) и мышьяку (9 и 13 ОДК), а также в некоторых образцах незначительное превышение по марганцу (до 1,6 ПДК), свинцу (до 1,9 ОДК) и сурьме (до 3,4 ПДК).

Суммарный показатель загрязнения почв посчитан относительно фонового содержания валовых форм тяжелых металлов в дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах [3]. Среднее значение показателя по пробным площадкам в Черняевском лесу на 20 % выше, чем в Осинской лесной даче. На двух площадках в Черняевском лесу отмечен опасный уровень загрязнения, на трех – умеренно-опасный, на пяти – допустимый. В Осинской лесной даче на пяти площадках отмечен допустимый уровень загрязнения, а на одиннадцати – умеренно-опасный.

Валовые содержания микроэлементов в хвое близки по своим значениям на обеих территориях. Повышенное среднее значение зарегистрировано на площадках Черняевского леса по никелю, хрому и кобальту.

Результаты анализа образцов хвои сосны обыкновенной показали, что в сравнении со средним содержанием микроэлементов в хвое Красновишерского района Пермского края [2] образцы обследуемых территорий какими-либо экстремальными показателями не выделяются. Выше фоновых концентраций отмечено содержание ванадия (в среднем в 1,5 раза) на обеих ООПТ, хрома (в среднем в 1,4 раза) в Черняевском лесу. Зарегистрированы точечные повышенные концентрации по содержанию никеля и свинца. Среднее значение суммарного показателя загрязнения по пробным площадкам в Черняевском лесу на 10% выше, чем в Осинской лесной даче. На обеих территориях выделено по две площадки, на которых отмечен повышенный уровень загрязнения.

Содержание тяжелых металлов в хвое и керне древесины сосны не превышают среднего содержания химических элементов в хвое и древесине в экосистемах сосновых лесов Кольского полуострова [3]. Отмечено превышение в 1,2 раза в хвое только на одной площадке в Черняевском лесу по хрому.

Корреляционный анализ не выявил зависимости между содержанием химических элементов в почве, хвое и керне древесины сосны. Повышенное содержание тяжелых металлов в почве Черняевского леса зарегистрировано на пробных площадках, находящихся в непосредственной близости к автомобильным дорогам, а также на которых наблюдаются следы низового пожара. Повышенное содержание в хвое отмечено на площадках, расположенных в северной части ООПТ и в непосредственной близости к автодорогам. Повышенное содержание тяжелых металлов в почве Осинской лесной дачи зарегистрировано на пробных площадках, находящихся в центральной части ООПТ и вблизи автомобильной дороги, ведущей на песчаный карьер. Повышенное содержание в хвое отмечено на площадке, находящейся вблизи автодороги, ведущей на песчаный карьер.

Выполненное исследование выявило незначительные отличия геохимических характеристик в сосняках зеленомошниках обследуемых территорий. Наибольшая разница содержания микроэлементов отмечена в почве, особенно по цинку и никелю. При этом в составе хвои и кернов древесины не наблюдается значительных качественных отличий.

Проведенная работа позволила описать современное состояние определенной формации сосновых экосистем в г. Пермь и в Осинском муниципальном районе. Полученные данные станут основой для выполнения подобных работ на других особо охраняемых природных территориях Пермского края, лесообразующей породой на которых является сосна обыкновенная.

Литература

1. Баскакова Е.А., Савватеева О.А. Подходы к использованию хвойных пород как индикаторов качества окружающей среды урбоэкосистем // Электронный журнал «Георазрез», выпуск № 2-2009 (4).
2. Колясникова Н.Л., Карнажицкая Т.Д., Паршакова К.А. Влияние аэротехногенного загрязнения на морфологические и эмбриологические признаки сосны обыкновенной // Вестник Удмуртского университета. 2011. № 6-2. С. 31-35.
3. Черненко Т.В. Реакция лесной растительности на промышленное загрязнение. М.: Наука, 2002. 191 с.
4. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве.
5. ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве.

УДК 631.47

МАРИЯ АЛЬФРЕДОВНА ГЛАЗОВСКАЯ И ДОКУЧАЕВСКАЯ ШКОЛА ФУНДАМЕНТАЛЬНОГО ПОЧВОВЕДЕНИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО (ЛЕНИНГРАДСКОГО) УНИВЕРСИТЕТА

Б.Ф. Апарин, Э.И. Газарина, Г.А. Касаткина, Н.Н. Федорова

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, e-mail: soil@bio.pu.ru

26 января 1912 г. исполнилось 100 лет со дня рождения крупного почвоведом, кандидата геолого-минералогических наук, доктора географических наук, профессора, заслуженного деятеля науки РСФСР, выпускника Ленинградского университета Марии Альфредовны Глазовской. Она родилась в Санкт-Петербурге в семье служащих (отец – врач, мать – учительница).

25 июня 1928 г. М. А. Глазовская окончила 9-летнюю школу им. Белинского в г. Колпино под Ленинградом. Обучаясь в школе, она приобрела знания и навыки по следующим предметам: обществоведению, родному языку и литературе, математике, естествознанию, химии, физике, географии, иностранному языку (немецкому), труду (в слесарных школьных мастерских и на пришкольном земельном участке), изобразительному искусству, музыке и пению, физкультуре. В 1929 г. Мария Альфредовна поступила в Ленинградский сельскохозяйственный институт на отделение «Почвоведение», но вследствие реорганизации института, с 1 сентября 1930 г. перевелась в Ленинградский государственный университет на почвенное отделение геолого-почвенно-географического факультета. К этому времени в Ленинградском (Санкт-Петербургском) университете при поддержке профессоров А. В. Советова и Д. И. Менделеева сформировалась и успешно развивалась научно-педагогическая школа фундаментального почвоведения, основоположником которой стал выпускник Санкт-Петербургского университета В. В. Докучаев.

В. В. Докучаев понимал острую необходимость для России создания единого образовательного пространства в области почвоведения: высшие, средние и низшие учебные заведения, дополняемые устройством местных естественноисторических и сельскохозяйственных музеев, коллекций, библиотек, опытных станций, организаций частных публичных курсов, сельскохозяйственных выставок, научных съездов и экскурсий. Признавая важность практического образования, В. В. Докучаев выступал и за создание кафедр «чистого почвоведения» при университетах. Идеи В. В. Докучаева были поддержаны профессором А. В. Советовым, возглавлявшим в Санкт-Петербургском университете кафедру агрономии с 1859 г, где прочно укрепился взгляд на почву, как на самостоятельное естественноисторическое тело природы. В научной и педагогической работе кафедры принимал активное участие П. А. Костычев – основатель агрономического почвоведения.

Дальнейшее развитие Докучаевской школы фундаментального почвоведения связано с именами профессоров С. П. Кравкова, С. С. Неуструева, Б. Б. Полюнова.

В 1925 г., когда в качестве отдельного факультета в университет влился Географический институт, появилась еще одна кафедра географии почв, которой до 1928 г. руководил профессор С. С. Неуструев. Выпускниками кафедры были его ученики: И. П. Герасимов, Е. Н. Иванова, Е. В. Лобова, К. П. Горшенин, Н. Н. Розов, М. И. Рожанец, Н. Н. Соколов, Н. Л. Благовидов, с именами которых связаны крупные достижения в разных областях фундаментального почвоведения. Таким образом, к началу 1930-х годов Почвенное отделение было представлено двумя кафедрами: кафедрой географии почв и кафедрой экспериментального почвоведения. Кафедру экспериментального почвоведения с 1922 г. возглавлял С. П. Кравков, а кафедру географии почв с 1929 г. – профессор Б. Б. Полюнов. Между кафедрами существовала тесная взаимосвязь. В начале 1930-х годов в Ленинградском государственном университете на геолого-почвенно-географическом факультете работали замечательные воспитатели и педагоги: В. Н. Сукачев, Л. С. Берг, К. К. Марков, И. П. Герасимов, В. А. Ковда.

За время обучения в университете М. А. Глазовская выполнила все требования «учебно-производственного» плана. Ею были прослушаны следующие курсы: Математика, Физическая химия, Физика, Почвенная микробиология, Гидрогеология, Геология четвертичных отложений, Морфология и систематика растений, Историческая геология, Зоология, Энтомология, Метеорология, Геология, Минералогия, Гидрология, Геоморфология, Топография, Петрография, Палеогеография, География почв СССР, Геоботаника, Почвенные коллоиды, Почвоведение, Основы земледелия, Коренные улучшения, Частное земледелие, Кора выветривания, Педагогика, Немецкий язык. Учебный план включал философские и политические предметы: Диалектический материализм, Исторический материализм, Политэкономика, Ленинизм, Теория советского хозяйства, а также характерные для того времени военные предметы: Военная администрация, Стрелковое дело, Тактика, Военная санитария. Ею были освоены практические занятия по курсам: Зоология, Топография, Качественный анализ, Количественный анализ, Почвенный анализ, Основы земледелия, Педагогическая практика. Летние практики по почвоведению, глазомерной съемке, топографии, полевой геологии, геоморфологии, гидрологии и ботанике, а также летняя производственная практика по направлению «Почвоведение», закрепляющие знания по теоретическим курсам.

Будучи студенткой, М. А. Глазовская приняла участие в экспедиции Почвенного института АН СССР в Нижнем Заволжье, организованной с целью проведения почвенно-мелиоративных исследований для орошения земель этого региона. Полевыми работами руководили В. А. Ковда и Н. Н. Лебедев. Благодаря участию в этой экспедиции, Мария Альфредовна заинтересовалась формированием засоленных почв, а собранные материалы легли в основу ее дипломной работы: «Стадии развития солонцового процесса, их связь с возрастом рельефа», защищенной с оценкой «Отлично».

Показателем активной жизненной позиции Марии Альфредовны является её участие в общественной

работе - во время учебы в университете она была профгруппоргом и членом бюро научного кружка почвоведов.

Мария Альфредовна успешно окончила Ленинградский государственный университет в 1934 г. Ей была присвоена квалификация научного работника второго разряда в области Почвоведения и преподавателя ВУЗа и ВТУЗов, а также техникумов, рабфаков и старших классов средней школы. В 1934 г. М. А. Глазовская поступила в аспирантуру Географо-экономического научно-исследовательского института при Ленинградском государственном университете по специальности «География почв». Её научным руководителем был профессор Б. Б. Польшов. Одновременно с ней были зачислены в аспирантуру по специальности «Почвоведение» Л. Н. Александрова, в будущем один из крупнейших исследователей органического вещества почв и А. Ф. Цыганенко - преподаватель кафедры, автор учебника «География почв». Материалы для кандидатской диссертации были собраны М. А. Глазовской в Каспийской экспедиции Почвенного института АН СССР, руководимой Б. Б. Польшовым. В работе этой экспедиции участвовал и В. А. Ковда. Материалы полевых исследований Марии Альфредовны в заливе Мертвый Култук по изучению приморского засоления и стали частью аспирантской темы «Стадии солонцообразования». За время обучения в аспирантуре она выполнила работы: «Изменение минералов в процессе осолонцевания и осолодения почв», «Метаморфоз морских отложений в наземных условиях». В 1937 г. Мария Альфредовна защитила кандидатскую диссертацию по теме: «Материалы к изучению почвенных комплексов Прикаспийской низменности».

После окончания аспирантуры М. А. Глазовская год работала ассистентом на кафедре географии почв географического факультета Ленинградского государственного университета у профессора М. И. Рожанца и активно участвовала в экспедициях Почвенного института. Помощник декана, профессор М. И. Рожанец дал ёмкую характеристику М. А. Глазовской: «...из служащих – беспартийная. Исключительные способности, увлечение научной работой, несколько повышенное честолюбие. Чрезвычайно быстрый рост и развитие, вооруженность новейшими методами экспериментального исследования почв: микроскопическим и рентгеноскопическим. Знакома со всей доступной ей литературой по засоленным почвам. Вполне освоила немецкий язык и имеет успехи в английском языке (хорошо владеет устной речью и литературным языком)...». По заключению руководителя М. А. Глазовской, профессора Б. Б. Польшова: «...Лучшее применение ее силы и склонности найдут в научно-исследовательской деятельности и поэтому наиболее целесообразно ее дальнейшее продвижение в докторантуру Академии Наук...».

Творческая, взыскательная атмосфера, сложившаяся в Санкт-Петербургском (Ленинградском) университете, сыграла чрезвычайно важную роль в становлении М. А. Глазовской как почвовед-географа и выдающегося педагога. Она оправдала напутствие своего учителя Б. Б. Польшова, став всемирно известным ученым и внося неопределимый вклад в дальнейшее развитие Докучаевской школы фундаментального почвоведения. Многие поколения студентов и специалистов в области почвоведения, экологии, географии учились и учатся по её лекциям, учебникам и научным трудам.

УДК 631.4

ПРИНЦИПЫ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА)

Б.Ф. Апарин (1), Е.Ю. Сухачева (2)

(1) СПбГУ, Санкт-Петербург, (2) ГНУ Центральный музей почвоведения им. В.В.Докучаева, Санкт-Петербург, e-mail: soilmuseum@bk.ru

Неограниченная экспансия городов на окружающие земли неизбежно ведет к изменению глобального экологического потенциала почв. Актуальной научной задачей является прогнозирование последствий урбанизации на устойчивость экологических функций почвенного покрова. Главные функции городских почв: адсорбция продуктов метаболизма мегаполиса, преобразование и транспорт поллютантов за пределы почвенного профиля, связаны с особыми свойствами почвы как биогеомембраны. Эффективность выполнения почвой функции очистки урбозкосистемы от поллютантов зависит от наличия в профиле геохимических и геофизических барьеров, характеристик почвенно-поглощающего комплекса, степени проточности почвенной влаги, глубины уровня грунтовых вод. Поглощательная способность почв связана с мощностью, удельной поверхностью и структурой порового пространства гумусового горизонта. Следующая по значению функция – санитарная, эффективность которой зависит от количества микроорганизмов в почве, разнообразия функциональных групп и биологической активности.

Эффективность вышеназванных и многих других функций почвы зависит от свойств и режимов не только корнеобитаемой зоны, но и всего почвенного профиля. Разнообразие в строении, свойствах, режимах почв мегаполисов обуславливает широкое варьирование качественных и количественных показателей качества выполнения функций. Они определяют вклад каждой почвенной разности в обеспечении экологических основ качества жизни населения.

Цель классификации почв Санкт-Петербурга заключается в разделении всех почвенных разностей мегаполиса на группы по совокупности горизонтов и признаков с учетом их роли в эффективности выполнения функций.

Спектр почв города очень разнообразен. По сравнению с естественными ландшафтами почвенный покров мегаполисов отличается большим разнообразием антропогенно-преобразованных и «сконструированных» человеком почв, находящихся на разных стадиях развития. В современном почвенном покрове Санкт-Петербурга естественные почвы сохранились лишь в его периферийной части. В центре города сохранившиеся естественные почвы погребены под 3-х вековым культурным слоем мощностью до нескольких метров. Все

остальные почвы – антропогенно-преобразованные или «сконструированные».

Человек, будучи одним из факторов почвообразования, не может сам создать почву в классическом (научном) её понимании. Исходя из целевой функции, создать корнеобитаемый слой для растений, человек создаёт только её физическую модель. На урбанизированных территориях человек вынужден на месте разрушенных почв восстанавливать плодородный корнеобитаемый слой, привнося извне органический или органический почвенный материал – продукт длительного почвообразования. Для этого обычно используют гумусовый или торфяной горизонт природных почв на прилегающих территориях, который наносится либо на естественную минеральную породу, либо на искусственно созданную толщу. Общим признаком подобных почв является отсутствие или слабовыраженная генетическая связь между поверхностным органоминеральным горизонтом и нижележащими слоями. Подобные почвы не обладают системными свойствами.

Нанеся на породу плодородный слой, человек запускает процесс почвообразования в мегаполисе. Профилообразующий процесс с одной стороны не имеет принципиальных отличий от условий природных ландшафтов, а с другой скорость его в городе выше. Наличие сформированного гумусового слоя, имеющего, как правило, возраст в тысячи лет, определяет интенсивный характер обменных процессов между интродуцированным гумусовым горизонтом и подстилающим его минеральным слоем.

Подстилающие породы в почвах мегаполиса имеют существенное отличие от естественных как по составу, так и по строению. Они слоистые, разнородные по составу, структуре с большим количеством включений различного размера и объёма, характеризуются наличием градиентов водопроницаемости, теплопроводности, водоудерживающей способности, а так же наличием геофизических и химических барьеров.

В новой классификации почв России [1] антропогенно-преобразованные почвы рассматриваются в единой системе с естественными. Необходимым условием для включения «сконструированных» почв в классификационную схему является наличие на поверхности органоминерального или органоминерального мощного более 40см слоя почвы естественного происхождения, обладающего плодородием, даже если он является привнесённым (отдел «Стратоземы»).

В почвенном покрове Санкт-Петербурга доля стратоземов (AY-RY-D) незначительна. Однако достаточно большие площади заняты почвами с привнесённым с других территорий (интродуцированным) серогумусовым горизонтом мощностью менее 40 см. Таким образом, эти образования нельзя классифицировать как стратоземы. Применение искусственных терминов с вложенной в них разной смысловой нагрузкой [2] не правомочно выводит подобные почвы городов из системы современной классификации.

В стволе синлитогенные почвы наравне со стратоземами, вулканическими, слабо развитыми и аллювиальными логично ввести еще один отдел: интродуцированные почвы RY(U,T)-D. Отдел объединяет почвы, в которых интродуцированный органоминеральный или торфяной горизонт (RY, RU или RT) мощностью менее 40см залегает на минеральном субстрате D, образованном in situ или привнесённым извне.

В отделе «Интродуцированные» выделено 6 типов по характеру органоминерального горизонта и по особенностям минерального субстрата.

Тип: интродуцированные серогумусовые RY-D. Объединяет почвы с интродуцированным серогумусовым горизонтом мощностью 5-40 см, имеющим резкую нижнюю границу с находящимся под ним минеральным субстратом.

Тип: интродуцированные темногумусовые RU-D. Объединяет почвы с интродуцированным темногумусовым горизонтом резко переходящим в минеральный подстилающий субстрат.

Тип: Интродуцированные пелоземы RW-D. Объединяет почвы с интродуцированным маломощным до 5 см серогумусовым горизонтом, имеющим резкую нижнюю границу с находящимся под ним суглинистым минеральным субстратом.

Тип: Интродуцированные псаммоземы RW-D. Объединяет почвы с интродуцированным маломощным до 5 см серогумусовым горизонтом, имеющим резкую нижнюю границу с находящимся под ним минеральным субстратом легкого гранулометрического состава.

Тип: Интродуцированные слоистые RW-Dr. Объединяет почвы с интродуцированным маломощным до 5 см серогумусовым горизонтом, имеющим резкую нижнюю границу с находящимся под ним слоистым минеральным субстратом

Тип: интродуцированные торфяные RT-D. Объединяет почвы с интродуцированным торфяным горизонтом резко переходящим в минеральный подстилающий субстрат.

Во всех типах возможно выделение подтипов по наличию в подстилающем субстрате признаков, свидетельствующих о механизмах его формирования и играющих важную роль в выполнении функций почвами.

1. Типичные (in situ) RY-D: Минеральная толща не имеет признаков механического перемещения.
2. Стратифицированные (насыпные) RY-Dr: минеральная толща визуально однородная, но редкие артефакты, нечеткая слоистость или тенденция к горизонтальной делимости свидетельствует о стратификации материала. Возможно, подразделить на два подтипа подразделить на песчаные и суглинистые.
3. Слоистые RY-Dur: отличаются хорошо выраженной слоистостью, часто с большой долей индустриальных включений (кирпичи, строительного мусора, керамзит, гравий, артефакты и т.д.).
4. Слоисто-гумусовые RY-Dur[h]: отличаются хорошо выраженной слоистостью, часто с включением погребённых интродуцированных гумусовых слоев.
5. Водно-аккумулятивные (намытые) RY-Daq: отличаются тонкой слоистостью, характерной для намытых грунтов.

Литература

1. Классификация и диагностика почв России. Авторы и составители: Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Смоленск: Ойкумена, 2004.235с.
2. Прокофьева Т.В., Мартыненко И.А., Иванников Ф.А. Систематика почв и почвообразующих пород Москвы и возможность их включения в общую классификацию //Почвоведение.2011.№5. С611-624.

УДК 631.416.9

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ ОСТРОВА КИЖИ

Г.В. Ахметова

ИЛ КарНЦ РАН, Петрозаводск, e-mail akhmetova@krc.karelia.ru

Остров Кижы расположен в Карелии, в северной части акватории Онежского озера, в пределах Кижского ландшафта Заонежского среднетаежного ландшафтного района [1]. Этот район отличается от сопредельных территорий практически по всем природным параметрам: климату, геологическому строению, рельефу, почвам, флоре и фауне. В последнее время данная территория отличается активным рекреационным использованием. Расположенный на острове Кижы музей-заповедник является главным туристическим направлением на территории республики Карелия, поэтому почвы острова испытывают значительную рекреационную нагрузку.

Наиболее распространенными почвами острова Кижы являются буроземы шунгитовые каменные. В их формировании участвуют шунгитовые породы, которые являются уникальными и нигде больше в мире не встречаются [1]. Данные почвы отличаются высоким содержанием органического вещества и равномерным распределением его по профилю. Почвы острова давно освоены и имеют хорошо развитый дерновый горизонт. Несмотря на высокую каменистость и щебнистость, шунгитовые почвы являются одними из самых плодородных почв Карелии. Болотные почвы занимают незначительные территории острова в понижениях на западном и восточном окраинах.

Все тяжелые металлы в малых количествах содержатся в почве, поэтому характер их внутрипрофильного распределения, тенденции к накоплению или рассеиванию в естественных условиях является необходимыми сведениями для проведения мониторинга, а также служат основой прогнозных разработок в связи с загрязнением.

В процессе исследований были отобраны почвенные образцы из дернового и гумусово-аккумулятивного горизонтов буроземов шунгитовых и верхних слоев торфяной почвы в различных урочищах острова.

Химические анализы были выполнены в аналитической лаборатории Института леса КарНЦ РАН. Определение тяжелых металлов проводилось в соответствии с методикой «Методы выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом».

Содержание тяжелых металлов в почвах острова Кижы обусловлено его природными особенностями, поэтому для изучаемых почв характерна более высокая концентрация металлов, чем в среднем по Карелии (таблица). Это, прежде всего, связано, с тем, что почвообразующие породы, на которых формируются почвы, изначально отличаются повышенным фоном химических элементов.

По нашим данным, почвы острова Кижы характеризуются содержанием кадмия от 0,05 до 1,42 мг/кг, среднее его количество находится на уровне 0,42 мг/кг, таким образом, при сравнении с фоновыми показателями металла, не выявлено его повышенной концентрации. Наибольшие количественные показатели кадмия выявлены для почв южной части острова в зоне главных экспозиций – более 1 мг/кг. Остальная территория характеризуется более низкими показателями значений содержания данного металла. Торфяные почвы также отличаются невысоким содержанием кадмия – 0,7 мг/кг в верхнем оторфованном слое Т0 и 0,3 мг/кг в нижележащем Т1. То есть не наблюдается концентрации металла в органогенных горизонтах почв острова, которые обычно являются аккумуляторами загрязняющих веществ и служат индикаторами начала процесса загрязнения почвенного покрова.

Средние значения концентрации свинца в буроземах шунгитовых острова составляют 13-18 мг/кг, диапазон варьирования – 3-32 мг/кг. Уровень содержания металла в задернованной подстилке находится в пределах фоновых показателей по почвам Карелии, тогда как в минеральной части почвы этот показатель незначительно превышает фоновые значения. Выявлены две точки повышенного содержания свинца, превышающего уровень ПДК металла – 41,8 мг/кг.

Торфяные почвы характеризуют более низкими значениями содержания свинца по сравнению с буроземами шунгитовыми, его концентрация колеблется от 4 до 20 мг/кг.

Концентрация меди в почвах острова превышает в 2-3 раза фоновые показатели. Среднее количество металла составляет 50-60 мг/кг как для буроземов шунгитовых, так и для торфяных почв. Выявлена точка с превышающим уровнем ПДК содержанием меди более чем в два раза – 139 мг/кг, которая расположена на севере острова. Это может быть связано со строительством объекта в данном месте. В целом, выявлено, что почвы северной части острова отличаются высокими значениями содержания меди – 70-100 мг/кг. Центральная и южная части характеризуются более низкими цифрами – 20-50 мг/кг.

Средние значения содержания цинка в почвах острова составляют 45-50 мг/кг. Задернованная подстилка буроземов шунгитовых отличается невысокими показателями данного металла – 48 мг/кг, разброс значений достаточно узкий – 36-67 мг/кг, то есть не наблюдается превышений фоновых показателей. В минеральных горизонтах буроземов содержание цинка находится на уровне 45 мг/кг в среднем, достигая в отдельных случаях 56 мг/кг. По сравнению с фоном эти данные характеризуют незначительно более высокое содержание металла. Выявлены две зоны повышенного содержания цинка - в северной части острова и на озовой гряде у деревни Ямка. Торфяные почвы характеризуются концентрацией металла не превышающем фоновых показателей – 44-45 мг/кг в среднем.

Содержание тяжелых металлов в почвах о. Кижы, мг/кг

Горизонт	Значения	Cd	Pb	Cu	Zn	Ni	Co	Cr	Mn
Буроземы шунгитовые каменные									
A0	min	0,05	3,4	12,7	36,2	11,7	2,2	6,4	82
	max	1,27	29,6	130,0	67,4	96,0	21,4	43,6	1200
	среднее	0,42	16,6	53,6	48,0	43,1	10,2	26,1	557
A1	min	0,02	4,7	16,8	23,7	12,5	3,0	5,2	64,6
	max	1,42	41,8	136,0	55,8	104,0	22,9	42,7	1520
	среднее	0,36	19,7	59,6	44,6	46,9	10,4	26,4	583
Торфяные почвы									
T0	min	0,36	13,1	28,7	42,5	28,8	6,4	23,0	429
	max	1,12	19,8	70,5	48,7	70,0	16,3	45,4	870
	среднее	0,69	16,3	53,5	45,1	55,0	11,8	34,4	688
T1	min	0,16	4,6	41,5	39,4	37,7	8,8	27,3	492
	max	0,44	21,2	79,8	48,6	71,8	17,3	44,0	884
	среднее	0,3	13,8	62,6	44,2	62,2	13,3	33,3	632
Средние фоновые содержания по Карелии [2,3]									
Подстилка	среднее	0,52	23,3	37,9	67,6	7,2	1,8	10	330
Минеральные горизонты	среднее	1,03	15,5	18,5	37,2	27,5	11,6	47,3	282

Уровень содержания никеля в почвах острова может характеризоваться высоким по сравнению с фоновыми показателями. Средняя концентрация металла составляет 45 мг/кг в буроземах шунгитовых и 60 мг/кг в торфяных почвах. Отмечается зона повышенного содержания никеля – более 100 мг/кг, которая совпадает с зоной повышенного содержания меди и цинка.

По полученным данным, средняя концентрация кобальта составляет 10-12 мг/кг как в органогенных горизонтах почв острова, так и в минеральных. По сравнению с фоновыми показателями содержания металла в почвах Карелии выявлена повышенная концентрация кобальта в задернованных подстилках буроземов шунгитовых. Также выявлена локальная зона повышенного содержания кобальта, которая совпадает с зоной максимального уровня содержания меди и никеля. Остальная часть острова характеризуется меньшими значениями концентрации металла, как в буроземах, так и в торфяных почвах.

Среднее содержание хрома в почвах острова в минеральных почвах составляет 26, в торфяных 33-34 мг/кг. Выявлен широкий диапазон колебания содержания металла в буроземах – от 5 до 44 мг/кг, тогда как для торфяных почв он намного уже – 23-45 мг/кг. В целом остров Кижы относится к территориям со средним содержанием хрома, выявлено несколько зон с более высоким содержанием металла, но и там его концентрация не превышает фоновые показатели. Тогда как задернованные подстилки буроземов характеризуются высокой концентрацией хрома – 26 мг/кг, с максимальными значениями достигающими 44 мг/кг, что значительно превышает фоновые данные металла в лесных подстилках почв Карелии.

По сравнению с фоновыми показателями содержания марганца в почвах Карелии выявлен достаточно высокий уровень концентрации данного металла в почвах острова. Средние значения содержания металла составляют 550-580 мг/кг в буроземах шунгитовых и 630-670 мг/кг в торфяных почвах. Разброс значений для минеральных почв очень широкий – от 65 до 1520 мг/кг, тогда как для торфяных обнаружен более узкий диапазон содержания марганца – 430-880 мг/кг. Также, выявлена локальная зона очень высокой концентрации марганца, где его содержание достигает уровня ПДК.

Таким образом, выявлено, что концентрация большинства изучаемых металлов не превышает ПДК, однако выше фоновых показателей. Это связано, в первую очередь, с особенностями почвообразующих пород, которые отличаются повышенным фоном большинства химических элементов.

Обнаружено локальное загрязнение почв медью, никелем и кобальтом в районе подурочища Босаево, на севере острова. Источником загрязнения, вероятно, служат строительные материалы и техника, так как в этом месте велось интенсивное строительство.

Литература

1. 10 лет экологическому мониторингу музея-заповедника «Кижы». Петрозаводск. 2005. 178 с.
2. Федорец Н.Г., Дьяконов В.В., Литинский П.Ю., Шильцова Г.В. Загрязнение лесной территории Карелии тяжелыми металлами и серой. Петрозаводск. 1998. 50 с.
3. Федорец Н.Г., Бахмет О.Н. и др. Почвы Карелии: геохимический атлас. М. 2008. 47 с.

УДК 631.416

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОНОВЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАСЧЕТНЫХ МЕТОДОВ

О. В. Бекецкая (1), О. В. Чернова (2)

(1) МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: bekeckaya@list.ru; (2) Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н.Северцова РАН, Москва, e-mail: ovcher@mail.ru

Одним из главных последствий загрязнения почвы является тот факт, что даже после прекращения техногенного воздействия почва может длительное время служить источником вторичного загрязнения сопредельных сред [1]. Для оценки степени техногенного загрязнения и прогноза самоочищения почвы необходимы балансовые расчёты, учитывающие фоновое содержание загрязняющего вещества в почве, скорость его поступления и скорости перехода в сопредельные среды. Установление фоновых концентраций в почвах методически наиболее сложно для соединений, имеющих как естественное, так и техногенное происхождение, к которым относятся тяжелые металлы и многие микроэлементы.

Содержание микроэлементов в почвах значительно варьирует даже в пределах одного региона и классификационного выдела. На уровни их фоновых концентраций оказывают влияние: минералогическая и петрографическая и геохимические особенности почвообразующих пород, количество органического вещества, реакция среды, гидрологический режим, однако, по мнению ряда исследователей, главным является содержание высокодисперсных минералов и органического вещества.

Исследовали природную вариабельность валового содержания ряда микроэлементов в фоновых почвах южной тайги, сформированных под разной растительностью и на различных почвообразующих породах (хвойный, смешанный, широколиственный лес, травянистая растительность; покровные суглинки, ленточные глины, древнеаллювиальные отложения различного гранулометрического состава). Вблизи 6 опорных разрезов с площади в 1 га из 20-и см слоя почвы отбирали по 15 смешанных образцов. В образцах определяли содержание органического углерода, микроэлементов (Cu, Zn, Ni, Co, Pb, Sr, Rb, Pb), pH, гранулометрический состав почв.

Выявлена высокая вариабельность результатов определений концентраций элементов вблизи каждого разреза (значения могут различаться в 2-6 раз).

Чтобы определить количество образцов, необходимое для адекватной оценки среднего содержания элементов в почве, проведён статистический анализ полученных данных (рассчитаны среднее, медиана, доверительные интервалы, рассмотрено квантильное представление). Симметричность распределения значений в выборках и сопоставимость медианы и среднего свидетельствует о близком к нормальному распределении значений валовых концентраций микроэлементов.

Проведенное ранжирование почвенных разрезов по гранулометрическому составу показало, что среднее валовое содержание микроэлементов, разброс значений, а, следовательно, и стандартное отклонение имеют тенденцию к увеличению при повышении содержания физической глины. Таким образом, утяжеление гранулометрического состава исследуемых почв приводит к необходимости увеличения количества точек опробования для корректной характеристики территории. С учётом аналитической погрешности метода и величины стандартного отклонения, согласно расчетам, для адекватной оценки средних валовых содержаний микроэлементов в почвах супесчаного и песчаного гранулометрического состава можно ограничиться 4 точками опробования, в суглинистых почвах их количество должно быть увеличено до 6. Следует отметить, что все исследованные почвы оказались легкого гранулометрического состава (от песка до легкого суглинка), не исключено, что в более тяжелых почвах для корректной оценки среднего содержания микроэлементов потребуется более 6 точек опробования.

Полагая, что распределение микроэлементов в почвах фоновых территорий подчиняется нормальному закону Гаусса, для расчета максимальных природных концентраций элементов в почвах было предложено воспользоваться известным статистическим приемом [2]. За верхнюю границу среднего содержания химического элемента в почве принимается величина, которая на три стандартных отклонения превышает средний региональный фоновый уровень ($\mu+3\sigma$), что предполагает охват 99% всех возможных значений признака. Методически задача состоит в том, чтобы определить региональные естественные уровни содержания химических элементов в почвах, учесть их природное варьирование и отклонением от нормы считать значимое превышение верхнего предела возможного содержания этого элемента. По мнению Г.В. Мотузовой [2] превышение рассчитанного верхнего предела концентрации элемента заведомо обусловлено антропогенным (техногенным) воздействием. Мы попытались оценить применимость этого статистического приёма для установления верхнего предела валового фоновое содержание некоторых микроэлементов и тяжелых металлов в почвах различных регионов.

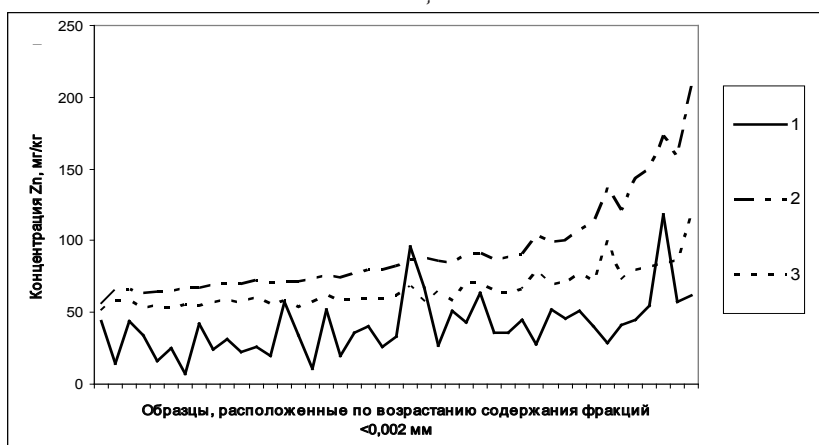
Составлена база данных по валовым концентрациям микроэлементов в фоновых почвах Европейской территории России (по литературным источникам и результатам собственных исследований), в которую вошли сведения о гранулометрическом составе почв, содержании органического углерода и реакции среды. Проанализированы массивы данных, условно разделенные на Нечерноземный и Черноземный регионы, на тяжелые и легкие почвы (граница - легкий суглинок), а также весь полученный массив данных. Оценена применимость формулы ($\mu+3\sigma$) для определения максимального уровня природного содержания микроэлементов в почвах разного гранулометрического состава. При достаточно большом объеме выборки по концентрациям микроэлементов ($n \geq 25-30$) распределение получается нормальным, следовательно, формула применима для легких и тяжелых почв, как для всего массива данных, так и для каждого из рассмотренных регионов.

Для всей Европейской территории России, а также отдельно для Нечерноземного и Черноземного регионов выявлено, что среднее содержание и максимальный уровень природных концентраций ряда микроэлементов ($\mu+3\sigma$) в легких почвах заметно ниже, чем в тяжелых (например, среднее содержание меди в легких и тяжелых почвах Нечерноземного региона 8 и 16 мг/кг, а в почвах Черноземного региона - 12 и 26 мг/кг; для цинка эти показатели составляют 33 и 47 мг/кг; 26 и 62 мг/кг, соответственно). Концентрации, характеризующие почвы сходного гранулометрического состава разных регионов различаются меньше, чем соответствующие показатели для тяжелых и легких почв одного региона. Отмечено также, что значения, характеризующие генетически близкие почвы с разным гранулометрическим составом, различаются больше, чем классификационно-различные почвы сходного гранулометрического состава.

Показано, что верхние пределы фонового содержания ряда элементов (Ni, Cu, Zn, Co, Cr), рассчитанные без учета гранулометрического состава значительно превышают такие пределы для «легких» почв, что может повлечь за собой неверную оценку степени загрязнения при экологическом мониторинге. Поэтому ориентировочные показатели фоновых концентраций микроэлементов следует рассчитывать с учетом гранулометрического состава почв.

В некоторых странах Европы предельные уровни содержания загрязняющих веществ в почвах рассчитывают с помощью уравнения регрессии, в котором учитывается гранулометрический состав и содержание органического вещества. В уравнение входят также значения максимальных фоновых концентраций микроэлементов в стандартной почве, полученные для каждого элемента математическим методом на основе анализа характеристик условно фоновых почв страны [3].

а – цинк



б – медь



Рис.1 Валовое содержание микроэлементов в фоновых почвах нечерноземного региона: а – цинк, б – медь (1 – экспериментальные определения, 2 – расчеты по формуле (Нидерланды), 3 – расчёты по формуле (Бельгия))

При многообразии почв, почвообразующих пород и географических условий в нашей стране трудно надеяться на создание аналогичного единого регрессионного уравнения. Однако мы попытались опробовать эту методику расчета максимальных фоновых концентраций тяжелых металлов на почвах Нечерноземья - региона приближающегося к странам северо-западной Европы по своим физико-географическим характеристикам. По характеристикам почв из нашей базы данных рассчитаны максимальные фоновые концентрации микроэлементов в почвах с использованием констант и коэффициентов, используемых в Нидерландах и Бельгии (рис.1). Сравнение полученных показателей с экспериментальными данными по содержанию этих элементов в почвах нечерноземной части Европейской территории России позволяет предполагать, что на

основе регрессионных уравнений, учитывающих содержание органического вещества и гранулометрический состав почв, возможен ориентировочный расчет максимальных фоновых концентраций микроэлементов для крупных физико-географических регионов страны.

Литература

1. Глазовская М.А. Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям. Москва: Изд-во МГУ, 1997. 102 с.
2. Мотузова Г.В. Почвенно-химический экологический мониторинг. М.: МГУ, 2001. 86с.
3. Carlon, C. (Ed.). 2007. Derivation methods of soil screening values in Europe. A review and evaluation of national procedures towards harmonization. European Commission Joint Research Centre, Ispra, EUR 22805-EN, 306 pp.

УДК 550.7

ОСОБЕННОСТИ БИОХИМИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВЕЩЕСТВА ЗОЛОТВОЛОВ КАЗАНСКОЙ ТЭЦ В ПРОЦЕССЕ НАЧАЛЬНОГО ПЕДОГЕНЕЗА

Э.Р. Бариева (1), Э.А. Королев (2)

(1) Казанский государственный энергетический университет, Казань; (2) Институт геологии и нефтегазовых технологий, Казань, e-mail: Edik.Korolev@ksu.ru

Золошлаковые отходы Казанской ТЭЦ, подвергшиеся высокотемпературному воздействию, на момент образования являются относительно стерильной средой. Однако, попав на золоотвал, они начинают уже постепенно включаться в глобальный круговорот вещества, первый этап которого заключается в биологическом заселении искусственно созданной пустующей экологической ниши и активизации процессов педогенеза.

В результате ветрового заноса спор здесь формируются первичные экосистемы, состоящие из примитивных физиологических групп микроорганизмов. С течением времени сообщества усложняются, в них появляются новые представители, между которыми усиливается борьба за существование. В процессе жизнедеятельности колонии микроорганизмов напрямую или косвенно способствуют преобразованию структурных компонентов золотвалов, формируя почвенный слой. Таким образом, в пределах техногенного ландшафта постепенно развивается питательный субстрат для травостоя.

В рамках данной статьи было проведено изучение микробиальных сообществ, населяющих золоотвалы, и их участие в геохимических преобразованиях минерального вещества.

Микробиологические исследования показали, что большая часть обитающих на золоотвалах микроорганизмов относится к аммонификаторам – микромицеты, актиномицеты, бациллы и аммонифицирующие бактерии. В основе их жизнедеятельности лежит способность разлагать органические вещества с образованием аммонийного азота (NH_3). К нитрификаторам относятся лишь одна выявленная группа – бактерии, использующие минеральные формы азота. Их присутствие свидетельствует о высокой продуктивности аммонификаторов, обеспечивающих питательными веществами бактерий, окисляющих NH_3 до нитрита (NO_2^-) и нитрата (NO_3^-).

Химический анализ водных вытяжек из золовых отвалов полностью согласуется с доминированием двух основных групп выявленных организмов. Во всех них отмечается относительно высокое содержание различных по составу азотистых соединений (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав водной вытяжки из золошлаковых отходов Кировского золоотвала

Место отбора	Форма выражения	Содержание соединений азота		Fe _{общ}	SiO ₂	pH	Общая жесткость
		NO ₃ ²⁻	NH ₄ ⁺				
Кировский золоотвал	мг/л	1,2	3,1	12,24	138,6	7,4-7,5	1,4

Таким образом, в пределах золоотвала сформировался своеобразный микробиоценоз, осуществляющий круговорот азота. В основе цикла, очевидно, лежат органические вещества, содержащиеся в золовых частичках (недожог), и углеводородные компоненты нефтепродуктов, сбрасываемые в систему гидрозолоудаления. Большая часть несгоревшего углерода сконцентрирована внутри кремнеземистых сфер золы-уноса [1]. Для его извлечения микроорганизмам необходимо растворить существенный объем поверхности силикатных и алюмосиликатных частиц. Однако, не имея в резерве других питательных веществ, микробиальные сообщества активно включаются в процесс разложения относительно инертных к растворению кремнеземистых минеральных фаз.

Биохимическое извлечение несгоревшего C_{орг} из золы сопровождается переводом относительно части кремнезема в подвижную форму, что и обуславливает относительно высокое содержание SiO₂ в водных вытяжках. Для сравнения, растворимость кристаллического кремнезема в приповерхностных условиях составляет 7,0-16,0 мг/л, аморфного – 83,0 мг/л [2], а в вытяжках из золошлаковых отходов его содержится 138,6 мг/л. В природных средах достижение таких концентраций инертного вещества возможно лишь при участии микроорганизмов, образующих органоминеральные кремнеземистые комплексы. При отсутствии

микроорганизмов кремнезем выпадал бы в осадок, образуя устойчивые соединения – опал ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), халцедон (SiO_2).

Первичными продуцентами в микробиоценозе, судя по их физиолого-биохимическим особенностям и количественным показателям, являются аммонифицирующие бактерии и актиномицеты. Очевидно, они осуществляют деструкцию твердых золовых компонентов и углеводов, выделяя из них углерод, который составляет основу «питания» колоний. Одновременно под влиянием микробиологических процессов органические формы азота переводятся в минеральные, при этом в среде накапливаются не только конечные (NH_3 , CO_2 , H_2O), но и промежуточные вещества жизнедеятельности аммонификаторов (пептоны, аминокислоты и др.). Последние, наряду с углеводородами, являются источником углерода и энергии для более развитых микроорганизмов в биоценозе – плесневелых грибов, которые совершают ту же работу по минерализации органического вещества с выделением аммонийного азота. Относительно небольшое содержание в сообществе микромицетов свидетельствует, скорее всего, о количественной недостаточности органического субстрата, требуемого для их развития. Споровые бациллы относятся к космополитам. Благодаря спорообразованию и высоким адаптивным свойствам они хорошо себя чувствуют в самых различных условиях, в том числе и таких экстремальных, как золоотвал. Участвуя в биологических процессах бациллы так же, как и другие микроорганизмы в микробиоценозе, разлагают органические вещества, образуя аминокислоты, полисахариды и, в конечном счете, аммиак. Бактерии, использующие минеральные формы азота, очевидно, образуют симбиоз со всеми группами аммонификаторов, поскольку нуждаются в легко извлекаемом углеводе. Источником такого углевода для них являются органические вещества, которые продуцируют микроорганизмы-симбионты в процессе своей жизнедеятельности (моно- и дисахариды, органические кислоты и др.).

Преобладание в данном сообществе микроорганизмов аммонификаторов, насыщающих приповерхностные слои золоотвалов аммонийным азотом, дает возможность для развития травостоя. Таким образом, даже на непригодном для высшей растительности субстрате постепенно возникают почвенные горизонты.

Литература

1. Бариева Э.Р., Королев Э.А., Рунов Д.М., Шамсутдинов Л.Ф. Изучение минералогического состава золошлаковых отходов Казанской ТЭЦ-2 // Изв. ВУЗов, сер «Проблемы энергетики». 2004. №11-12. – С. 138-140.
2. Копейкин В.А. Михайлов А.С. Растворимость и формы кремнезема в разбавленных растворах при нормальных условиях // ДАН СССР. 170. Т.191. №4 – С. 917-920.

УДК 631.416.9

РЕМЕДИАЦИЯ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЁННЫХ ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Б.А. Борисов, Н.Ф. Ганжара, М.В. Злобина, Р.Ф. Байбеков
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, e-mail: pochvlab@gmail.com

Геохимии техногенных ландшафтов и ремедиации почв, загрязнённых тяжёлыми металлами посвящено много исследований, в том числе отечественных [1-3].

В настоящее время в индустриально развитых странах активно развиваются экономичные и мягкие технологии ремедиации почв, загрязнённых тяжёлыми металлами, в основе которых лежит способность специально подобранных видов высших растений и ассоциированной с ними микробиоты поглощать и аккумулировать в своей биомассе тяжелые металлы в концентрациях, значительно превышающих их содержание в среде. Впоследствии загрязнённая биомасса удаляется и утилизируется. В мире идентифицировано около 400 видов растений-гипераккумуляторов различных металлов из 22 семейств, которые могут быть использованы в качестве фиторемедиантов.

В условиях вегетационных опытов нами проведено испытание ремедиационной способности ряда сельскохозяйственных (донника жёлтого, кукурузы, редьки масличной, горчицы белой, сурепицы яровой, сорго сахарного); дикорастущих (мари белой) и декоративных культур (амаранта бисквитного, астр, бархатцев, василька синего, душистого табака, календулы лекарственной, львиного зева, проса декоративного и шалфея лекарственного) для дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы. Проводили искусственное комплексное загрязнение почвы кадмием, свинцом, цинком, кобальтом, медью и никелем до низкого, среднего и высокого уровня по суммарному показателю загрязнения (СПЗ).

Схема опыта: 1. НПК (контроль); 2. НПК + $\text{Co}_5\text{Zn}_{100}\text{Ni}_{30}\text{Cd}_3\text{Cu}_{60}\text{Pb}_{60}$ (низкий уровень загрязнения, СПЗ=12); 3. НПК + $\text{Co}_{15}\text{Zn}_{300}\text{Ni}_{90}\text{Cd}_3\text{Cu}_{180}\text{Pb}_{180}$ (средний уровень загрязнения, СПЗ=36); 4. НПК + $\text{Co}_{25}\text{Zn}_{500}\text{Ni}_{150}\text{Cd}_5\text{Cu}_{300}\text{Pb}_{300}$ (высокий уровень загрязнения, СПЗ=60).

О результатах судили по показателям накопления и распределения элементов в растениях с использованием коэффициентов биологического поглощения, накопления, усвоения, транслокационного коэффициента и длительности периодов ремедиации. Коэффициент биологического поглощения представляет собой отношение содержания элемента в золе растений (надземной части) к его валовому содержанию в почве (Перельман, 1996). Если коэффициент биологического поглощения больше 1, тогда можно говорить о способности растения аккумулировать тот или иной элемент. Коэффициент накопления – это отношение содержания элемента в сухой надземной массе растения к его валовому содержанию в почве.

Коэффициенты усвоения рассчитывались как отношение содержания элемента в золе (КУ 1) и в массе надземной части растений (КУ 2) к содержанию его подвижных форм в почве.

Транслокационный коэффициент отражает способность растений транспортировать те или иные элементы из корней в надземную часть и представляет собой отношение содержания элемента в надземной части растений к его содержанию в корнях. Чем он выше, тем в большей степени растение подходит для целей ремедиации, поскольку корни сложно извлечь из почвы. Для большинства культур в контрольном варианте и при низком уровне загрязнения опытные растения развивали большую биомассу, внешних признаков угнетения не наблюдалось.

У таких растений, как марь белая, донник жёлтый, горчица белая, кукуруза, амарант бисквитный, астры, василёк синий, львиный зев и сорго сахарное, наибольшее накопление биомассы наблюдалось в варианте с внесением тяжелых металлов при низком уровне загрязнения, что является, очевидно, следствием неоднократно отмечаемого многими исследователями определенного стимулирующего эффекта под действием низких концентраций тяжелых металлов.

При среднем и высоком уровнях в большинстве случаев уже на стадии проростков появлялись внешние признаки токсикоза, которые выражались в изменении окраски вегетативной массы и замедленном росте, на более поздних стадиях развития растений были ярко выражены некроз, антоциановая окраска листьев и побегов, гниение корней или задержка в наступлении фаз развития. В результате корреляционного анализа была выявлена сильная обратная связь между надземной биомассой и суммарным показателем загрязнения для растений мари, донника жёлтого, горчицы белой, кукурузы, амаранта, астр, бархатцев, василька синего, душистого табака, календулы, львиного и шалфея лекарственного. Для сурепицы яровой, редьки масличной, алиссума морского, проса декоративного и сорго сахарного выявленная связь носила случайный характер.

В условиях комплексного загрязнения почвы тяжёлыми металлами наблюдалась их низкая транслокационная способность в растениях. Наименьшей подвижностью во всех растениях характеризовался свинец (транслокационные коэффициенты при всех уровнях загрязнения менее единицы), наибольшей – цинк в случае кукурузы и горчицы белой, кадмий – кукурузы и душистого табака, кобальт – львиного зева; никель – алиссума морского и сахарного сорго.

Наибольшую устойчивость к комплексному загрязнению почвы тяжёлыми металлами проявили редька масличная, календула лекарственная и бархатцы. Масса их надземной части не изменялась с увеличением степени загрязнения, а у редьки масличной увеличилась по сравнению с контролем на 32%. Наименьшую устойчивость проявили шалфей лекарственный, просо декоративное, душистый табак (масса побегов при высоком уровне загрязнения по сравнению с контролем снизилась на 90%, 89% и 60% соответственно).

Коэффициенты биологического поглощения, коэффициенты накопления и коэффициенты усвоения характеризовались одинаковой направленностью для характеристики поглощения исследуемых тяжёлых металлов из почвы и накопления их растениями. Для свинца, цинка и меди с повышением уровня загрязнения все коэффициенты снижались; кобальта и никеля – повышались; кадмия – повышались по сравнению с контролем и были примерно на одинаковом уровне. Это можно объяснить различиями в токсичности тяжёлых металлов для исследуемых растений. Обратная связь между суммарным показателем загрязнения с одной стороны и коэффициентами биологического поглощения, накопления и усвоения с другой стороны для никеля, цинка и меди умеренная–сильная, для остальных элементов эта связь оказалась случайной. Установлено, что ни одно из исследуемых растений непригодно для существенного снижения валового содержания тяжёлых металлов и их подвижных форм в связи с длительностью процессов ремедиации, за исключением табака и шалфея лекарственного по отношению к подвижному цинку и горчицы белой – к подвижным формам меди и никеля. Ориентировочная длительность ремедиации почв при комплексном загрязнении почвы тяжёлыми металлами до фоновых значений по валовому содержанию растениями, которые накапливали их наибольшее количество, составляла 78–292300 лет, по подвижным формам – от 2–26700 лет, что указывает на непригодность использования данных растений для целей ремедиации. В отношении очистки почвы от цинка душистым табаком и шалфеем лекарственным и от меди и никеля горчицей белой необходимо проведение дополнительных, в том числе полевых исследований.

Таким образом, данные по накоплению и распределению шести тяжелых металлов в ряде сельскохозяйственных, дикорастущих и декоративных растений свидетельствуют, что ни одно из них не является гипераккумулятором в отношении изученных металлов в условиях комплексного загрязнения. Однако некоторые из экспериментальных растений в отношении определённого металла (или нескольких металлов) показали выраженную способность к накоплению и/или способность к их транслокации из корней в надземные органы.

Литература

1. Буравцев В. Н., Крылова Н. П. Современные технологические схемы фиторемедиации загрязнённых почв // Сельскохозяйственная биология. Серия Биология растений. 2005. №5. С. 67–75.
2. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа. 1988. 324 с.
3. Добровольский В.В. География микроэлементов. Глобальное рассеивание. М.: Мысль, 1983. 341 с.

УДК 631.4

СУБАЭРАЛЬНОЕ ОЩЕЛАЧИВАНИЕ ПОЧВ – ОДИН ИЗ МЕХАНИЗМОВ ОПУСТЫНИВАНИЯ ЛАНДШАФТОВ НА ЮЖНОЙ ГРАНИЦЕ СУХИХ СТЕПЕЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ МОНГОЛИИ

О. Батхшииг (1), Д.Л. Голованов (2), П.Д. Гунин (3), Е.Ариунболд (1), С.Н. Бажа (3), Е. В. Данжалова (3), И.А. Петухов (4), О.И. Сорокина (2), С. Энх-Амгалан (1)

(1) Институт географии АН Монголии, Улан-Батор, e-mail: batkhisig@gmail.com, (2) Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: dm_golovanov@mail.ru, (3) Институт Проблем Экологии и Эволюции имени А.Н. Северцова РАН, Москва, e-mail: monexp@mail.ru, (4) ФГУП «Госземкадастрсыемка» ВИСХАГИ, Москва, e-mail: petukhov_100@list.ru

Мария Альфредовна Глазовская, имея огромный опыт работы в аридных регионах, постоянно, в том числе и в своей недавней статье [1], обращает внимание на роль биогенного ощелачивания в формировании характерных свойств бурых аридных почв. Обратный эффект влияния субэрального ощелачивания почв легкого гранулометрического состава без морфологических признаков осолонцевания на состоянии растительных сообществ отмечен нами на южной границе сухих степей Монголии.

В экотонной полупустынно-сухостепной зоне Монголии отклик экосистем на климатические изменения наиболее резок. Именно здесь отмечается тенденция климатической аридизации, в отличие от собственно пустынь, где ситуация стабильна и даже несколько увеличилось количество осадков [5]. По четырем метеостанциям Среднеобийского аймака до 2009 года устойчиво росли среднегодовые температуры воздуха и почвы, особенно вегетационного периода. В Центре Среднеобийского аймака с 50-х годов отмечено снижение на 30 % годового количества осадков (со 160 до 120 мм). Существенно возросло число дней с сильными ветрами.

Исследования проводились в сомоне Эрдэнэдалай Среднеобийского аймака, в 350 км к юго-западу от г. Улан-Батора. Полигон был выбран в полосе перехода от сухих степей к опустыненным степям и остепненным пустыням. Если на севере сомона преобладают типично сухостепные плотнодерновиннозлаковые сообщества с доминированием злаков (*Stipa krylovii*, *S. klemenzii*, *Agropyron cristatum*, *Cleistogenes squarrosa*), то в его центральной части доминантом большинства растительных сообществ служит лук многокорешковый (*Allium polyrhizum*). На юге возрастает роль пустынных видов: баглупа (*Anabasis brevifolia*), солянки воробьиной (*Salsola passerina*), реомюрии (*Reaumuria songarica*) и др. Это приводит к смене зонального типа почв от преимущественно светло-каштановых до бурых пустынно-степных.

Площадь сомона Эрдэнэдалай составляет 735 тыс. га. Он находится на севере Среднеобийского аймака на границе с Центральным аймаком. Максимальная протяженность с севера на юг составляет 125 км, с запада на восток — 120 км. Несмотря на высокие абсолютные отметки (от 1270 до 1670 м над ур. м.), изучаемая территория относится к Среднемонгольской равнине. Здесь преобладают пенепленизированные платообразные поверхности, нередко осложненные замкнутыми и полузамкнутыми западинами различного размера и глубины. Широкое развитие замкнутых западин — характерная черта бессточных аридных областей. В пределах сомона прослеживается общая тенденция снижения абсолютных отметок от 1500–1600 м над ур. м на севере до 1300–1400 м — на юге. Котловинный эффект и влияние «ветровой тени» подчеркивают усиление аридности климата с севера на юг. Среднегодовое количество осадков, по данным метеостанции Эрдэнэдалай (с 1961 года), составляет 118 мм. Большая часть осадков выпадает летом в виде ливней при прохождении атмосферных фронтов. Наиболее сухой и ветреный сезон — весна, когда часты пыльные бури. Распределение осадков крайне неравномерно по годам.

По четырем метеостанциям Среднеобийского аймака отмечается устойчивая тенденция роста среднегодовых температур воздуха и почвы и температур вегетационного периода. В центре Среднеобийского аймака отмечено 30% снижение (со 160 до 120 мм) среднегодового количества осадков с 50-х годов. Одновременно с этим увеличилось количество дней в году с сильными ветрами. В последние 4 года зимой практически отсутствует снежный покров.

Как следствие аридизации, наблюдается активизация геоморфологических процессов — водной и ветровой эрозии, усиление неравномерности стока, усыхание озер, понижение уровня грунтовых вод и повышение их минерализации. В итоге происходит снижение продуктивности пастбищ и их емкости на фоне возрастающего количества домашних животных. Изменение состояния пастбищ не ограничивается лишь снижением их продуктивности. Происходит изменение доминантного состава растительных сообществ. Наряду с этим происходит деградация почв — дегумификация, вынос мелкозема (частиц менее 1 мм и, особенно < 0.01 мм, наиболее обогащенных гумусом и элементами питания), а также приобретение почвами свойств и признаков пустынных почв: засоление, отакиривание, опесчанивание и гамадизация поверхности и обезвоживание корнеобитаемого горизонта, что является признаками опустынивания ландшафтов [3].

Наиболее ярким процессом, обуславливающим опустынивание экосистем южных вариантов степей, распространенных в Среднеобийском аймаке, является аэральный и субэральный перенос солей [2]. В результате развития аридных ландшафтов, на поверхность в результате различных экзогенных процессов выходят засоленные древнеозерные отложения, что в свою очередь обуславливает вовлечение солей в геохимический круговорот. К участкам, маркируемым разломами, приурочены выходы грунтовых вод, колодцы и родники, которые служат зоной концентрированного антропогенного воздействия, это ведет к активному разрушению почвенного покрова, выходу на поверхность засоленных пород и формированию вторичных литогенных солончаков. Вынос солей из солончаковых депрессий на промытые от солей и сложенные легким материалом водоразделы приводит к субэральному ощелачиванию (осолонцеванию)

почв автономных позиций.

Сильнощелочная среда ($pH > 8.5$, до 10) неблагоприятна для большинства мезофильных и мезоксерофильных степных и сухостепных растений. К ней приспособились пустынные ксерофиты и галофиты. В полупустынях Монголии в почвах формируется своеобразная экологическая обстановка: щелочная, но пресная, лишенная солей. Именно к такой обстановке наиболее приспособлены луки [6], прежде всего *Allium polyrrhizum* — суккулент, вытесняющий в этих условиях злаки, но не имеющий здесь конкурентов со стороны галофитов. Субэаральное ощелачивание сдвигает равновесие в пользу луков. Плотная поверхностная корневая система лука приводит к иссушению почв ниже 0,7 максимальной гигроскопичности, слоеватому сложению верхних горизонтов почв.

По данным мониторинга растительного покрова на значительных площадях происходит замещение сухостепных злаковых сообществ луковыми из лука многокорешкового (*Allium polyrrhizum*) — доминанта пустынных степей и остепненных пустынь Монголии. В результате это приводит к смещению южной границы подзоны сухих степей на 100-120 км по сравнению с картографическими материалами, опубликованными в 1974 и 1981 году, что диагностируется как процесс биологического опустынивания [4].

Сочетание перевыпаса с засушливой климатической фазой многолетнего цикла приводит к триггерному эффекту взаимного усиления климатической аридизации и антропогенной деградации [5]:

- разрушение дернины — активизация водно-эрозийных процессов;
- снижение кормовой ценности плакоров — увеличение нагрузки на гидроморфные и полугидроморфные экосистемы — активизация эолового выноса песка на водоразделы;
- переуплотнение почв — активизация физического испарения — засоление почв — снижение кормовой ценности растительных сообществ;
- вынос из солончаковых депрессий не только песка, но и солей — субэаральное засоление и ощелачивание почв плакоров, формированию условий для смещения биотического равновесия в сторону более гало- и алкалофильных полупустынных и пустынных видов.

Литература

1. Глазовская М.А., Горбунова И.А. Биогенное ощелачивание аридных почв как фактор их текстурной дифференциации // Почвы, биогеохимические циклы и биосфера. Развитие идей В.А. Ковды (отв. ред. Н.Ф. Глазовский). М.: Т-во научных изданий КМК, 2005. С. 343–357.
2. Глазовский Н.Ф. Современное соленакопление в аридных областях. М., 1987. 192 с.
3. Голованов Д.Л. Опустынивание и пустынный физико-географический процесс // Геоморфологические процессы и их прикладные аспекты. Материалы 6-х Щукинских чтений. Москва, 2010. С. 81-83.
4. Гунин П.Д. Диагностика процессов опустынивания аридных экосистем Центральной Азии // Экология и природопользование в Монголии. Пущино, 1992. С. 271–287.
5. Гунин П.Д., Бажа С.Н. Тенденции изменения климатических условий в многолетней динамике аридной зоны Монголии // Стратегия сохранения копытных аридных зон Монголии. М., 2005. С. 30–36.
6. Евстифеев Ю.Г., Рачковская Е.И. К вопросу о взаимосвязи почвенного и растительного покрова в южной части МНР // Структура и динамика основных экосистем МНР. Л.: Наука, 1976. С. 125–143.

УДК 631. 6. 02

УСТОЙЧИВОСТЬ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА ПОЧВ В УСЛОВИЯХ МУССОННОГО КЛИМАТА ВОСТОЧНОЙ И ЮГО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ

В.П. Белобров (1), А.Ю. Куленкамн (2)

(1) Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Россельхозакадемии, Москва, e-mail: belobrovvp@mail.ru;

(2) РГАУ-МСХА им. К.А.Тимирязева, Москва, e-mail: akulek@inbox.ru

Важнейшим фактором в экологическом равновесии биосферы являются лесные насаждения, накопители солнечной энергии и биологической массы, источники кислорода и углерода на Земле. Лес очищает околоземную атмосферу, регулирует сток воды, защищает почвенный покров от эрозии. Положительное влияние лесов в сохранности почв в условиях муссонного климата Евразии особенно очевидно как для исторического времени, так и современности.

Зарождение земледелия и цивилизаций в Восточной и Юго-Восточной Азии связано в первую очередь с речными долинами, где на многие километры от русла были сведены все леса [1,2,3,4]. В результате, интенсивная эрозия почв на надпойменных террасах Хуанхэ, Янцзы, Меконга, Иравади, Менама и др. крупных рек региона, сложенных песчано-легкосуглинистыми отложениями, привела к обнажению кор выветривания и коренных пород, формированию бедлендов.

Крупномасштабные почвенно — экологические исследования в Индокитае [3,4] показали, что подсечно-огневое земледелие все еще является основой мелко-товарного производства риса, кофе, цитрусовых, овощей и пряных культур. Постоянное, нерегулируемое сведение леса, вырубка высокоценных лесных пород: Тика, Альбеции., Дальбергии и др. (*Tectona grandis* L., *Albizia falcate*, *A.viallana* P., *Dalbergia cochinchinensis* P.), приводит к необратимым последствиям в почвенном покрове. Во время муссонных дождей, на лишенную древесных пород поверхность ферраллитных, ферраллитизированных и аллювиальных почв за один ливень может выпасть в течение часа более 100 мм осадков (в 1988 г за 5 дней в Лаосе выпало 740 мм осадков). Такая

интенсивность выпадения муссонных осадков катастрофична. Смывается большая часть мелкозема, вплоть до коренных пород и кор выветривания. На вулканическом плато «Боловен» (Южный Лаос), после таких ливней можно наблюдать обнажившиеся после эрозии почв потоки лавы. Муссонные осадки во всем регионе выносят сотни тонн мелкозема, превращая притоки и главные артерии в желто-красные реки. Примером могут служить Хуанхэ и Меконг.

Исследование процессов эрозии почв на стоковых площадках в провинции «Саваннакхет» (Средний Лаос) показало, что с пахотных почв при прочих равных условиях (тип почвы, гранулометрический состав, угол наклона поверхности, не превышающий 3° , рельеф и др.), выносятся с твердым стоком от 3,97 до 5,25 т/га, что в несколько раз выше предельной годовой нормы для гумидных тропиков. Причем наиболее устойчивы к эрозии почвы легкого гранулометрического состава денудационно-аккумулятивных и аккумулятивных, геохимически подчиненных равнин в долинах крупных рек, а также андосоли вулканических плато, формирующиеся на мощных пирокластических аллофановых материалах. Те и другие в равной степени хорошо фильтруют выпадающие осадки, снижая тем самым потери почв с поверхностным стоком.

Замена естественных лесных экосистем на искусственные (в основном сады) или под пропашные культуры, повсеместно в регионе приводит к усилению эрозии почв.

Определенным тормозом развития эрозионных процессов в долинах рек явилась многовековая культура возделывания риса, что отмечала в своих работах М.А. Глазовская [1]. Внесение органики и землевание в совокупности привело к формированию акваземов [3,4], искусственно созданных рисовых почв синлитогенного ряда. Китай, обладая огромным потенциалом вносимой в почвы органики (в среднем ежегодно вносится $4,6 \text{ кг/м}^2$, при поголовье свиней 500 млн.), не только поддерживает плодородие почв, но и сдерживает процессы эрозии.

Вместе с тем, даже этот своеобразный симбиоз земледелия и охраны почв от эрозии не способен предотвратить катастрофических последствий муссонных дождей. До последнего времени наиболее наглядно это было видно на примере Кореи, Японии и особенно Китая. Наводнения на р. Хуанхэ столь четко соответствовали периодам бедствий, что китайские историки не без основания утверждают, будто бы катастрофические наводнения предвещали падение царствующих династий. Считается, что из всех крупнейших рек мира Хуанхэ несет наибольшее количество аллювия - 1380 млн. м^3 . Если сравнить эти цифры с аналогичными для Миссисипи и Миссури, то эти самые протяженные реки в мире выносят в 7 раз меньше. Сейчас, после строительства множества плотин в верховьях реки Хуанхэ и гидроэлектростанции Санься («Три ущелья») на р. Янцзы, эрозия почв резко сократилась.

Вместе с тем самым эффективным способом защиты почв от эрозии является восстановление лесных экосистем. В этом плане большой опыт в почвозащитном лесоразведении был накоплен в России и США. В нашей стране научные основы агролесомелиорации были заложены в конце XIX в. трудами В.В. Докучаева, А.И. Воейкова, Г.Н. Высоцкого, В.Р. Вильяма. В результате в степных районах Европейской части России были созданы лесные массивы – Каменностепной, Старобельский и Великоанадольский, ставшие опорными пунктами почвозащитного лесоразведения. В США посадки леса на Великих равнинах проводятся со времен великой депрессии. В 1964 г их площадь составляла 346,4 тыс. га, к 1982 году она возросла до 700 тыс. га, а сейчас составляет уже более 1 млн. га.

Используя вековой опыт лесопосадок в России (по этой проблеме в СССР было подготовлено много китайских специалистов), а также свой собственный, Китай уже на протяжении 30 лет проводит широкую кампанию по выращиванию леса из наиболее быстрорастущих пород тополя, сосны корейской, дуба, а также ив в местах, благоприятных для их произрастания.

Передовые страны Восточной Азии – Япония и в особенности Южная Корея, добились в этой области большого успеха. В Южной Корее сразу после корейской войны в 60-х годах, после многочисленных селевых потоков уничтоживших рисовые поля в долинах рек, была принята программа по лесоразведению. Сейчас в стране практически нельзя найти не залесенный участок горных склонов, которые составляют около 70% территории.

Наибольший размах современное почвозащитное лесоразведение наблюдается в Китае. От города Гуанчжоу до границ с Монголией во всех провинциях южного, центрального и северного Китая, особенно на лессовом плато высажены и растут сотни миллионов деревьев и кустарников. Лес посажен вдоль Великой Китайской стены на опустошенных землях холмов и горных склонов, вдоль дорог в 2 - 4 ряда, а также в городских районах. Причем оголенные после второй мировой войны склоны Большого и Малого Хингана были за короткий срок облесены путем аэропосева ценных лесных пород и ягодных кустарников, в частности, облепихой.

Законодательством Китая запрещено рубить деревья. Это возможно только в крайних случаях, при согласии независимых экспертов. Такой почвенно-экологический подход в условиях муссонного характера выпадения осадков, безусловно, дает основание к существенному снижению потерь почв на водную эрозию, сохранение почвенного покрова как основы земледелия и экономической безопасности стран региона.

Особую почвозащитную роль в странах Восточной и Юго-Восточной Азии играют чайные плантации [1]. В условиях расчлененного рельефа под посадки чайных кустов используют террасы, которые со временем в результате грубых обрезок, превращаются в хорошо задернованные, гумусированные почвы. Известно также, что чайные кусты после создания террас способствуют дальнейшему самотеррасированию склонов.

Литература

1. Глазовская М.А. Почвы зарубежных стран. География и сельскохозяйственное использование. М.:

- Мысль. 1975. 351 с.
- Фридланд В.М. Почвы и коры выветривания влажных тропиков (на примере Северного Вьетнама). М.: Наука. 1964. 312 с.
 - Шишов Л.Л., Капшук М.П., Агафонов О.А., Кашанский А.Д., Овечкин С.В., Суханов П.А., Дворников О.А. Почвенно-экологические условия возделывания гевеи в Камбодже. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 1991. 272 с.
 - Шишов Л.Л., Андроников С.В., Белобров В.П., Куленкамп А.Ю., Пантелеев Л.С., Соколов И.А. Шевченко Т.Н. Почвы переменного-влажных тропиков Лаоса и их рациональное использование. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 1996. 275 с.

УДК 504.054:58.071

МИГРАЦИЯ И БИОДОСТУПНОСТЬ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МЫШЬЯКА В СИСТЕМЕ «ПОЧВА–РАСТЕНИЕ» ПРИ ВНЕСЕНИИ ПРЕПАРАТОВ РИЗОСФЕРНЫХ БАКТЕРИЙ

Г.А. Белоголова (1), О.Н. Гордеева (1), М.Г. Соколова (2)

(1) Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, e-mail: gabel@igc.irk.ru;

(2) Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, e-mail: SokolovaMG@sifibr.irk.ru

В настоящее время с целью восстановления почв, стимуляции роста растений и повышения их устойчивости к различным биотическим и абиотическим факторам среды в агропроизводстве применяют микробиологические биопрепараты. Считается, что внесение в почву микробных препаратов способствует усилению микробиологической активности, при этом многие нерастворимые почвенные комплексы переводятся в необходимые для жизнедеятельности растений доступные формы макро- и микроэлементов [1-3]. В тоже время пока еще мало изучено влияние бактериальных препаратов на поведение химических элементов в системе «почва-растение». Это касается главным образом тяжелых металлов, многие из которых являются элементами-токсикантами для живых организмов. Следует учитывать также то, что во многих городах России концентрации ряда тяжелых металлов значительно превышают их предельно допустимые значения [4]. Сверхвысокие темпы распространения в биосредах некоторых тяжелых металлов и других ксенобиотиков, особенно As и Cd, связаны не только с техногенезом, но и с их высокой летучестью. В результате они способны легко проникать в растения, живые организмы и образовывать новые сложные органические формы в окружающей среде. Этому могут способствовать и современные биотехнологии, связанные с внедрением бактериальных препаратов в растениеводство.

Проведен модельный эксперимент по изучению влияния почвенных бактерий на миграцию As, Cd, Pb в системе «почва-растение». Использовали биопрепараты азотобактерина, фосфобактерина и кремнебактерина, полученные на основе ризобактерий *Azotobacter* и *Bacillus*. Биопрепараты разработаны в Томском государственном университете [1, 2]. Эксперимент по выращиванию четырех видов растений (овес, горох, салат, редис) проведен на почвах, отобранных на условно фоновом участке и на техногенных почвах г. Свирска (Южное Прибайкалье) вблизи основного источника загрязнения – мышьяковистых отвалов бывшего металлургического завода по производству мышьяка для военной промышленности. В результате геохимического изучения почв и растений г. Свирска выявлены участки интенсивного загрязнения мышьяком и тяжелыми металлами в концентрациях, значительно превышающих санитарные нормы [5]. Мышьяковое загрязнение охватывает не только территорию бывшего Ангарского завода по производству мышьяка, но и большую часть города. В центральной части этой аномалии загрязнение грунтов и почв мышьяком, свинцом и другими тяжелыми металлами во много раз превышает ПДК. Почвы отобраны в 10, 100 и 500 м от мышьяковых отвалов, а также на фоновом участке, расположенном в 15 км от г. Свирска.

Каждая проба почв разделена на контрольную и почву, обработанную биопрепаратами, на которых проведено выращивание растений в одинаковых тепличных условиях. Растения не достигли зрелого состояния, так как на техногенных почвах после 35 дней роста они начали высыхать. Проведена экстракция тяжелых металлов и мышьяка из почв, на которых выросли растения, с помощью этилендиаминтетраацетата (ЭДТА). Результаты показаны в таблице 1. Максимально высокие валовые содержания As, Cd, Pb установлены в техногенных почвах вблизи отвалов мышьяка. На удалении содержания их снижаются. Повышенные содержания элементов во фракции ЭДТА могут указывать на возможность образования органических хелатных форм, доступных для растений и микроорганизмов. По результатам вытяжки ЭДТА отмечено влияние ризобактерий на величину концентрации тяжелых металлов и мышьяка в почвах. Содержания кадмия имеют тенденцию увеличиваться в хелатной фракции почв, обработанных бактериями на всех участках (табл.1).

Несмотря на то, что ризобактерии способствуют накоплению хелатных фракций тяжелых металлов из техногенных почв, отобранных вблизи отвалов, концентрация тяжелых металлов и мышьяка в растениях, выращенных на этих почвах, резко уменьшается в случае бактериализации почвы. В эксперименте на исходной максимально загрязненной почве в контрольном варианте содержания тяжелых металлов и мышьяка в растениях значительно выше, чем в растениях, выращенных на этой же почве с применением бактерий (табл. 2). Это может указывать на способность ризобактерий переводить подвижные соединения тяжелых металлов и мышьяка в связанные и труднодоступные для растений формы в случае сильно загрязненных почв.

Содержания мышьяка и свинца уменьшаются в вытяжке ЭДТА при бактериализации почв, за исключением максимально загрязненных почв, где содержание всех изученных элементов резко возрастает в вытяжке ЭДТА. В целом, наблюдается разное влияние почвенных бактерий для свинца, мышьяка и кадмия. У первых двух элементов миграционная способность в почве понижается при воздействии почвенных бактерий, а для

кадмия во всех случаях увеличивается.

Таблица 1

Распределение содержаний As, Pb, Cd в исходной почве (контроль) и с добавлением бактерий (опыт) в зоне влияния отвалов мышьяка г. Свирска и на фоновом участке, мг/кг

Характеристика проб	As			Pb			Cd		
	Вал	ЭДТА	Твердый остаток	Вал	ЭДТА	Твердый остаток	Вал	ЭДТА	Твердый остаток
Фоновая Контроль	30	2	10,7	23	1,4	21	0,25	0,10	0,16
Фоновая Опыт	30	2	14,6	18	1,2	17	0,3	0,17	0,2
500 м Контроль	100	46	104	135	33,6	86	0,4	0,19	0,24
500 м Опыт	70	29,4	81	154	25,9	75	0,4	0,22	0,27
100 м Контроль	213	200	110	49	5,8	35	0,36	0,11	0,15
100 м Опыт	115	68,6	71	33	3,6	36	0,28	0,12	0,19
10 м Контроль	3100	246	1702	1260	74,9	2000	5,1	1,7	2,1
10 м Опыт	2640	443	2300	2100	115,5	3000	4,7	3,4	2,4
ОДК	20	–	–	–	32	–	2,0	–	–

Примечание: расстояние от отвалов мышьяка 10, 100, 500 м. Курсивом выделено повышенное содержание во фракции ЭДТА при сопоставлении контрольного и опытного эксперимента на одном участке. ОДК – ориентировочно допустимая концентрация.

Таблица 2

Содержание химических элементов в растениях (на сухое вещество, мг/кг), выращенных на техногенных и фоновых почвах

Растения	10 м от отвалов			Фоновый участок		
	As	Pb	Cd	As	Cd	Pb
	контроль			контроль		
Салат	101	51,1	9,3	0,447	0,35	0,190
Редис	79,7	25,3	3,01	0,170	0,33	0,280
Горох	18,7	5,04	1,11	0,110	0,31	0,016
Горох корень	110	27,7	6,18	0,250	0,22	0,020
Овес	19,2	0,82	0,85	0,079	0,13	0,029
Овес корень	120	40,6	1,44	0,082	0,15	0,046
	опыт			опыт		
Салат	109	62,1	2,98	0,740	0,38	0,261
Редис	7,7	1,89	0,25	0,830	0,51	0,246
Горох	11,8	2,90	0,86	1,12	0,61	0,067
Горох корень	2,28	0,96	0,15	0,78	0,67	0,052
Овес	14,8	1,71	0,88	0,67	0,23	0,049
Овес корень	30,7	8,26	0,85	0,7	0,23	0,047

Примечание: контроль – исходная почва; опыт – почва с добавлением бактерий. Курсивом выделено повышенное содержание при сопоставлении контрольного и опытного экспериментов.

На фоновых почвах с низким содержанием тяжелых металлов и мышьяка получена противоположная закономерность. Содержания As, Cd, Pb в растениях увеличены в опытном эксперименте, но величина основных элементов-токсикантов в растениях и почвах здесь на порядок ниже относительно техногенных (табл. 2). Эти факты указывают на то, что почвенные бактерии могут значительно влиять на миграцию химических элементов в системе «почва-растение». В диапазоне низких содержаний, на почвах фонового участка, они способствуют незначительному их накоплению в растениях, в результате чего в опытном эксперименте наблюдается увеличение концентрации тяжелых металлов и мышьяка. При высоких содержаниях тяжелых металлов в почве бактерии обладают способностью блокировать этот процесс (табл. 2).

Таким образом, видно, что от степени загрязнения почв тяжелыми металлами зависит способность бактерий влиять на миграцию тяжелых металлов и мышьяка в системе «почва-растение». Можно сделать вывод, что ризосферные бактерии выполняют защитную роль от проникновения тяжелых металлов в растения

из техногенных почв, что может иметь большое практическое значение.

Авторы выражают благодарность сотрудникам Томского госуниверситета О. Б. Вайшля за предоставленную возможность исследования биопрепаратов.

Литература

1. Вайшля О. Б., Ведерникова А. А., Бондаренко А. П. Микробиологические аспекты гипергенеза. Томск: ТМЛ-Пресс, 2007. 288 с.
2. Вайшля О. Б., Трифонова Н. А., Ведерникова А. А. Мобилизация кремния и фосфора бактериями биопрепаратов «Кремнебактерин» и «Фосфобактерин» // Матер. XXI межд. научн. конф. Томск, 2006. Т. II, с. 349-351.
3. Белоголова Г. А., Соколова М. Г., Пройдакова О. А. Влияние почвенных бактерий на поведение химических элементов в системе «почва-растение» // Агрехимия. 2011, №9, с.89-97.
4. Черных Н. А., Овчаренко М. М. Тяжелые металлы и радионуклиды в биогеоценозах. М., 2002. 200 с.
5. Гордеева О. Н., Белоголова Г. А., Гребенщикова В. И. Распределение и миграция тяжелых металлов и мышьяка в системе «почва-растение» в условиях г. Свирска (Южное Прибайкалье) // Проблемы региональной экологии. 2010, № 3, с. 108-113.

УДК 002.637:631.4(571.53)

ЗАГРЯЗНЕНИЕ И ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ В РАЙОНЕ ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

И.А.Белозерцева

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, email: belozia@mail.ru

Ковыктинское газоконденсатное месторождение (КГКМ) одно из самых крупных в Иркутской области. Основными видами антропогенного воздействия на почвы при добычи углеводородного сырья являются механическое нарушение почвенного покрова и химическое загрязнение.

Территория КГКМ - это наиболее приподнятая часть Лено-Ангарского плато со средними высотами 900-1000 м, с запада на восток высотные отметки изменяются от 700-800 до 1508 м на водоразделе рек Орлинга и Ханда (г. Намай). Площадь двух лицензионных участков (Ковыктинского и Хандинского) около 6735 км². На месторождении пробурено более 40 скважин, построен вахтовый посёлок Нючакан, газотурбинная электростанция, размещены карьеры, заложены многочисленные геологические профили. Широко распространены карбонатные породы – известняки и доломиты, вместе с песчаниками и аргиллитами слагающие водоразделы и верхние части склонов. Почвенный покров бассейна рек Лены, Ханды и их притоков довольно разнообразен. В его формировании ведущая роль (на фоне биоклиматических факторов) принадлежит рельефу и почвообразующим породам. На пологих склонах северной экспозиции и в долинах рек встречается многолетняя или медленно оттаивающая сезонная мерзлота. Дифференцирующая роль мезорельефа проявилась в закономерной смене групп типов почв от вершин увалов к долинам рек. Водораздельные поверхности заняты подбурами, дерново-подзолистыми, криометаморфическими грубогумусовыми и криоземами грубогумусовыми. Для крутых склонов характерны комплексы петроземов гумусовых и литоземов грубогумусовых. На покатых южных склонах доминируют сочетания буроземов и криометаморфических грубогумусовых почв, а на покатых северных склонах – подбуры и криоземы. В поймах и на нижних террасах рек Лена, Ханда и их притоков на фоне аллювиальных темногумусовых и серогумусовых выделяются комбинации аллювиальных торфяно-глеевых и перегнойно-глеевых, темногумусовых гидротематоморфических почв, что обусловлено разнообразием гидротермических условий. На территории площадок большинства буровых скважин, базы Нючакан, ПАЭС сформировались техноземы – антропогенно-преобразованные аналоги бывших подбуров и других почв. Их профиль маломощный морфологически не дифференцирован часто из минеральных, иногда перемешанных горизонтов.

Периодическим пожарам были подвержены практически все лесные ландшафты исследуемой территории в разное время и в различной степени. Присутствие многолетней мерзлоты в коре выветривания определяет высокую динамичность ее надмерзлотной части. В зависимости от характера воздействия на почвенно-грунтовую толщу и условий ее залегания уровень мерзлоты будет опускаться или повышаться. На отрицательных элементах рельефа в связи с увеличением поступления талых вод усиливается заболачивание. Оно обычно прогрессирует и на территориях с обильными подземными льдами (в случае уничтожения растительности от пожаров). С повышением увлажнения криоземы эволюционируют в криоземы глееватые, а в дальнейшем – в торфяно-криоземы глееватые. В мерзлотных подзолистых почвах при этом также развиваются процессы оглеения и оторфования.

Строительство дорог, населенных пунктов, сооружение и обустройство буровых площадок сопровождается нарушением естественного почвенно-растительного покрова, приводящим к необратимым, нередко к неблагоприятным изменением природной среды. Нарушение дернины при прокладке дорог и даже вездеходом в этих экстремальных условиях чревато ускоренным развитием линейной эрозии с образованием промоин и оврагов. Удаление лесного полога ведет к повышению нагрева поверхности, ускорению протаиванию мерзлоты. Талые воды частично поглощаются подстилкой, а при ее нарушении или удалении стремятся вниз по склону. Всего площадь нарушенных земель на территории Ковыктинского газоконденсатного месторождения составляет 2561 га (включая площадки буровых скважин, промысловые базы, геофизические профили, карьеры и автомобильные дороги), что составляет 0,25 % общей территории.

Все типы почв в районе газоконденсатного месторождения характеризуются повышенным и высоким содержанием углерода. Часто причиной повышения его содержания служит сильная задернованность или неполная минерализация органических остатков. Техноземы, сформированные на площадках буровых скважин, в основном характеризуются низким содержанием гумуса (в среднем – 1,4%), так как верхние маломощные органогенные (дерновые, гумусовые, перегнойные) горизонты отсутствуют или перемешаны с ниже лежащими. Часто на поверхности видны выходы подстилающих пород. Реакция среды в гумусовых горизонтах имеет широкий размах колебаний от 4,2 в подзолистых до 8,6 в петроземах гумусовых. На буровых площадках, в результате снятия вместе с напочвенным покровом маломощного органогенного горизонта и обнажения при этом коренной карбонатной породы, величина рН верхнего слоя нарушенных почв становится на 1,5-2 единицы выше естественных почв, достигая рН 8,2-8,6. Сумма обменных оснований возрастает на 10-20 мг-экв/100 г. в результате извлечения на поверхность при бурении скважин карбонатной породы. Смещение реакции среды в щелочную сторону на фоне гидроморфных условий ведет к снижению подвижности и накоплению в почвах Pb, Cu, Zn, и одновременно к увеличению мобильности Ni, Mn.

Минерализация водной суспензии большинства площадок буровых скважин в основном слабая до 0,01 – 0,27%, что обусловлено грунтовым фактором. Химический состав почвенного раствора гидрокарбонатно-кальциевый. Средняя минерализация растворимых солей в водной вытяжке (0,78 %) зафиксирована в долине р. Тулоконь, на площадке буровой скважины на водоразделе рч. Петрушин и левого безымянного притока р. Чичапта. Химический состав хлоридно-натриевый. Сильная минерализация отмечена в почве вблизи не рекультивированной буровой скважины в верховьях р. Типуй (1,65 %) и в районе буровой скважины № 18 (5,58 %), на которой произошла авария в 2004 году. Авария связана с выбросом на поверхность 2200 м³ напорного пластового высокоминерализованного рассола (рапы) с глубины около 2000 м (зона контакта бельской и усольской свит нижнего кембрия) и стеканием рапового потока в долину р. Орлингская Нюча. Следы аварийной ситуации ликвидированы (площадка рекультивирована), но последствия еще заметны. На площадке выявлена активизация эрозионных процессов, вследствие чего на поверхности местами обнажаются отложения шламового амбара. В зоне воздействия рапового потока (за пределами промплощадки) кустарничково-зеленомошный редкостойный листовничник с елью уничтожен, на его месте развивается травяно-кустарниковое растительное сообщество. Криозем на данной площадке под грязе-солевым потоком относится к техногенному солончаку хлоридного типа. В нем сформирован солонцовый горизонт с железистыми натеканиями. При подсыхании солевая корка сильно растрескивается вместе с верхним слоем почвы, потерявшей свойство среды обитания биоты и ставшей для нее токсичной. Легкорастворимые соли со временем выносятся, но в почве осаждаются тяжелые металлы, привнесенные с твердым веществом рапы. В нем содержится в г/кг: кальция 50-130, железа 5-18; в мг/кг: марганца 200-600, хрома, никеля 20-90, меди 5-30. Особенно много в рапе стронция – до 11-15 г/кг.

Нефтепродукты – один из основных приоритетных поллютантов при загрязнении почвы при добыче углеводородного сырья. Повышенное содержание нефтепродуктов в почве для данного региона, превышающее фоновое содержание в 2-10 раз, зафиксировано в районах буровых скважин. Фоновое содержание нефтепродуктов для территории Ковыктинского газоконденсатного месторождения составляет 21,7 мг/кг. Высокое содержание нефтепродуктов обнаружено вблизи буровых скважинах, превышающее фоновое более чем в 10 раз, но не превышающее санитарно-гигиенические нормы. Очень высокое содержание нефтепродуктов, превышающее ОДК (1 г/кг) обнаружено в районе законсервированной буровой скважины № 11.

Анализ проведенных исследований данной территории, в общем показал загрязнение почв химическими элементами, которые относятся к трем классам токсичности: Pb (I кл.), Cu, Ni, Cr (II кл.), Ba, Mn (III кл.). В некоторых случаях содержание хрома и свинца согласуются с высокой их концентрацией в породах. Повышенное содержание химических элементов приурочены к отдельным участкам. Относительно загрязненными оказались территории вблизи буровых скважин, где обнаружены повышенные содержания Pb, Zn, Cu, Ni, Cr, Ba. Превышения содержания элементов составляют 1,5-2 ПДК. Почвы вблизи пяти буровых скважин в центральной наиболее освоенной части КГКМ относятся к категории сильного загрязнения. Зафиксировано высокие содержания цинка, превышающее ПДК в 3-5 раз в почвах на площадках буровых скважинах на водоразделах междуречья рек Кузьмин и Ботовка, правого безымянного притока р. Нючакан и левого безымянного притока р. Сулакини. В почвах на площадке буровой скважины, расположенной на водоразделе рек Тюкахты и Сулакини, вахтового посёлка «Нючакан», газотурбинной электростанции обнаружено высокое содержание свинца, превышающие ПДК в 3-5,7 раз. Почвы на площадке буровой скважины в верховьях р. Орлинга сильно загрязнены цинком и свинцом (превышение ПДК 3-7,5 раз).

УДК 631.48

ПСЕВДОЭЛЛОВИЙ КАК ПОЧВООБРАЗУЮЩАЯ ПОРОДА

Н.И. Белоусова (1), Е.В. Жангуров (2)

(1) Почвенный институт имени В.В. Докучаева, Москва, e-mail: belousova_ni@mail.ru;

(2) Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, e-mail: zhan_e@mail.ru

Суждение о преобразовании минерального субстрата под влиянием почвенных процессов основано, как известно, на сравнении состава почвенных горизонтов с почвообразующей породой при условии так называемой однородности породы, то есть изначальной идентичности их состава и свойств. На этом представлении строятся фундаментальные выводы в разных ветвях почвоведения. Однако само по себе это условие не очевидно и требует обоснования.

Вопрос рассматривается на примере почв, распространенных на Среднем Тимане на трех типах плотных пород: метаморфические сланцы, долериты, известняки. Здесь на вершинных поверхностях увалов широко развиты маломощные обломочно-мелкоземные образования, определенные в поле как элювий по признакам: 1) рыхлого строения; 2) присутствия в профиле закономерно ориентированных обломков подстилающей породы; 3) увеличения общего количества обломков и преимущественного их размера вниз по профилю; 4) увеличения к низу прочности обломков; 5) уменьшения с глубиной автохтонных пленок выветривания на обломках породы. Но дальнейший анализ выявил серьезные противоречия, и образованиям было дано название «псевдоэлювий».

Приведем краткую характеристику псевдоэлювия на разных породах.

Основные магматические породы (долериты).

Примесь «кислого» аллохтонного материала в продуктах разрушения основных магматических пород обычно сопровождается формированием подзолистого горизонта и достаточно легко выявляется из-за контрастности валового состава субстратов.

На Тимане долериты выходят на поверхность по вершинам увалов с абсолютными высотами 280-330 м; северная тайга, ельники разнотравные с участием лиственницы. В этих условиях встречены только ржавоземы [по 1], (буроземы грубогумусовые [по 2]); мощность разрезов колеблется от 30 до 60-70 см, иногда в них содержится единичная аллохтонная галька. Её количество не влияет на хроматический облик почвы и не нарушает вертикального распределения обломочного материала.

Среди изученных разрезов выявлено 2 типа валового химического состава мелкозема <1 мм (табл.1). Первый (в разрезе 11-Ж) близок к составу подстилающих пород и обогащен валовыми формами оксидов Fe и Al и обеднен SiO₂, что закономерно для таежного почвообразования на плотных породах [2 и мн. др.].

Второй тип валового состава почвенного мелкозема (проанализировано еще 3 разреза) не обнаруживает связи с составом долерита, обломки которого присутствуют в профиле: в мелкоземе почв существенно увеличивается содержание SiO₂ и K₂O, уменьшается - полуторных оксидов и Na₂O (табл.1). Все это говорит об изменении минералогического состава: в элювии долеритов возможен олигоклаз, в аллохтонном материале преобладают калишпаты, в песчаных фракциях зафиксировано до 10% кварца. Вместе с тем содержание оксидов в профиле не дифференцировано, отсутствуют морфологические и химические признаки оподзоливания.

Количество несиликатных форм железа во всех разрезах сопоставимо и в целом характерно для таежных почв на плотных породах [4]; вертикальное распределение носит аккумулятивный характер.

Таким образом, морфологическое строение рассмотренных разрезов согласуется с представлением об их элювиальном генезисе, вещественный состав этому противоречит.

Породы кислого состава представлены рифейскими алевролитовыми сланцами. Породы отличаются очень низким содержанием CaO и существенным (около 6%) – оксида железа (табл. 1) формируются (в условиях, аналогичных формированию ржавоземов) ожидаемые здесь альфегумусовые подзолы.

Мощность почвенного профиля колеблется от 15-20 см до 80-90 см; степень щебнистости – от 0-10% в приповерхностных горизонтах до 70-90% в нижней части профиля; во всех разрезах присутствуют только обломки сланца.

Сопоставление валового химического состава щебня сланцев с почвенным мелкоземом (табл. 1) выявляет устойчивое обеднение почвенного мелкозема железом и алюминием и относительное накопление кремнезема, что противоречит известным закономерностям холодного гумидного почвообразования [3 и мн. др.]. Это несоответствие связано с аллохтонным - ледниковым генезисом мелкозема, то есть маломощные рыхлые образования не являются здесь элювием сланцев, залегающих в основании разреза, а сланцы не являются материнской породой.

Карбонатные породы представлены доломитизированными известняками верхнекаменноугольного возраста, практически не содержат терригенных минеральных включений. Их выходы распространены на эродированных склонах речных долин. Поверхностный слой рыхлых обломочно-мелкоземных образований построен по элювиальному типу, но сочетает в себе продукты разрушения известняков (преимущественно в виде обломков) и аллохтонный материал, вероятнее всего, ледникового происхождения. Присутствие обломков других пород в почвах не обнаружено, что, наряду с характером вертикального распределения карбонатного щебня, позволило в поле отнести эти образования к элювию подстилающих известняков. Почвы отнесены к типу карбо-литоземов [1]. Они отличаются заметно меньшей мощностью (не более 25-35 см), чем почвы на долеритах и сланцах, и более быстрым нарастанием обломочности к низу. Профиль почвы как бы сплюснут, что может быть связано с частичным растворением карбонатного скелета.

Валовой химический состав мелкозема карбо-литоземов (табл. 1) отличается резкой профильной дифференциацией: верхние горизонты почв содержат 70-75% SiO₂, нижние -43-45%, содержание оксидов Ca и Mg меняется в 5-10 раз, Fe₂O₃ и Al₂O₃ – примерно в 2 раза. Этот скачок отражает литологическую границу между аллохтонным материалом и элювием известняков и, возможно, усиливается фронтальным выщелачиванием карбонатов, о чем свидетельствуют карбонатные бородки на нижней стороне щебня.

В настоящее время мы видим две возможности образования псевдоэлювия (вероятно, их значительно больше): 1) описанный в докладе контакт различных плотных пород с крайне маломощными (видимо, в основном смытыми) ледниковыми отложениями и 2) вышедший на поверхность литологический контакт более мягких, не полностью эродированных кроющихся пород и более устойчивых подстилающих пород.

Валовой состав почвенного мелкозема и подстилающих пород

Горизонт	Глубина, см	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
Ржавозем на элювии долерита (разрез 11-Ж)								
АУ	6-8	55.42	15.12	17.79	3.99	1.31	0.95	2.64
АУВ	8-20	55.29	14.92	18.66	3.24	1.29	0.92	3.18
ВФМ	20-30	54.21	13.28	18.89	6.04	1.54	0.82	2.99
С	40-50	55.39	12.56	19.19	5.21	1.54	0.83	2.47
Ржавозем на псевдоэлювии долерита (3 разреза)								
АУВ		68-76	4-9	11-14	0.5-2	0.7-1.7	1.6-2.4	0.4-0.9
ВФМ		66-75	4-9	11-16	0.6-2	1.1-1.4	1.6-2.5	0.2-0.9
С		68-77	5-8	10-16	0.7-1.4	1.3-1.8	1.5-2.5	0.2-1.0
Долерит	40-50	56.51	9.70	17.74	8.61	3.52	0.87	1.32
Подзол альфегумусовый на псевдоэлювии сланцев (разрез 21-Ж)								
Е	4-16	86.23	1.93	6.26	0.26	0.33	1.45	1.08
ВНФ	16-20	74.42	4.74	10.04	0.33	0.64	1.56	0.37
С	60-75	75.01	4.66	11.93	0.39	0.89	1.94	0.49
Алевро-литовый сланец	60-70	69.11	6.27	16.07	0.24	1.26	2.81	не опр.
Карбо-литозем на псевдоэлювии известняка (2 разреза)								
АУ	7-20	70-77	5-6	10-11	2.5-5	1.2-1.4	1.5	0.23-2.5
ВСса	20-35	43-45	3-4	5 - 6	29	12	0.6	0.1 - 0.8

Подведем общий итог: каждый из трех описанных типов поверхностных рыхлых образований характеризуется своей спецификой. К ней относится: 1) формирование почвенных типов, свойственных элювиям соответствующих пород: подзолы альфегумусовые – на метаморфических породах кислого состава; ржавоземы – на магматических породах средне-основного состава; карбо-литоземы (перегнойно-карбонатные почвы [2]) – на известняках; 2) присутствие в профиле только обломков своей подстилающей породы; 3) индивидуальный (у каждого типа пород - свой) химический состав мелкозема. Эти признаки, наряду с характерным распределением обломков породы, аналогичны элювиям соответствующих пород. Но элювиям противостоят такие признаки, как 1) нахождение в отдельных разрезах гальки другой породы, 2) обнаружение в почвенном мелкоземе чужих минералов или резко не свойственного подстилающей породе их количества, 3) противоречие основным закономерностям изменения химического состава пород в почвенном профиле. Сочетание в одном природном образовании двух противоречивых групп признаков определило выделение «псевдоэлювия» в особый тип почвообразующих пород.

Литература

1. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 341 с.
2. Программа почвенной карты СССР м-ба 1:2,5 млн. М.: Почв.ин-т им. В.В. Докучаева, 1972.
3. Таргульян В.О. Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях. М.: Наука, 1971. 268 с.
4. Белоусова Н.И. Оксалаторастворимые оксиды в бореальных почвах мерзлотных и немерзлотных областей // Тезисы доклада на V международной Конференции по криопедологии «Почвы и температурные режимы Центральной Бурятии и Восточного Прибайкалья». Улан-Удэ, 2009. С. 97.

УДК 502.1: 631.47

ТЕХНОГЕННЫЙ ГАЛОГЕНЕЗ ПРИ ОСВОЕНИИ ЗАЛЕЖЕЙ ИСКОПАЕМЫХ СОЛЕЙ В ГУМИДНЫХ ЛАНДШАФТАХ

С.М. Блинов, Е.А. Ворончихина, Е.А. Меньшикова, Е.Н. Батурин

Пермский государственный национальный исследовательский университет Естественнонаучный институт, Пермь, e-mail: ecogeo@psu.ru

В развитие теории техногенного галогенеза, принципиальные основы которой сформулированы М.А.Глазовской [1], проведена оценка геохимических условий и процессов в таежных ландшафтах, нарушенных добычей и переработкой ископаемых солей Верхнекамского месторождения.

Соленосная геологическая формация Верхнекамского бассейна сформировалась на востоке Русской

платформы в области ее периферийной зоны, занятой Предуральским прогибом, в раннепермский период – 286 млн лет назад. По запасам основного полезного ископаемого (калийно-магниевых солей) данный бассейн относится к крупнейшим в мире. Его площадь в наземной проекции свыше 6,5 тыс. км², глубина залегания солей колеблется в пределах 70-500 м от поверхности, мощность продуктивных пластов достигает 600 м [2].

Надсолевая толща грунтов, сформировавшаяся на протяжении последующих периодов седиментации, представлена рыхлыми, водонасыщенными отложениями, нижние горизонты которых естественным образом активно взаимодействуют с соляными пластами. Данный процесс сопровождается повышением минерализации подземных вод, формирующих соответствующие водопроявления на земной поверхности в местах их выхода.

До начала освоения месторождения водопроявления с высоким содержанием растворенных солей в границах рассматриваемой территории являлись основной предпосылкой и фактором ландшафтного галогенеза. В связи с естественными природными закономерностями осаждения солей из растворов при их излиянии на поверхность, в ареалах водопроявлений формировались последовательно сменяющие друг друга геохимически сопряженные зоны поверхностного соленакопления, в том числе: карбонатизации, сульфатизации, хлоридизации.

Своеобразие химического состава ископаемых солей Верхнекамского месторождения, наибольшая доля которых представлена хлоридами, обладающими высокой водорастворимостью и миграционной активностью, предопределяло доминирующее распространение зоны хлоридизации. Однако хлоридное засоление в рассматриваемых гумидных условиях, характеризующихся высоким коэффициентом увлажнения и промывным режимом гипергенного слоя, наиболее неустойчиво среди прочих. Поэтому зоны хлоридизации формировали небольшие территориальные ареалы и на протяжении короткого времени ренатуризовались без последствий для биотических компонентов.

Из перечисленных выше самым устойчивым следствием галогенеза в рассматриваемых гумидных условиях является карбонатизация (обызвесткование). Ее результатом, закрепившимся в ландшафтах на протяжении длительной истории естественной галофитизации, является распространение на рассматриваемой территории интразональных почв с нейтральной реакцией среды, не характерных для тайги. Данное следствие в ряду прочих природных процессов не представляет реальной экологической угрозы для таежных экосистем, поскольку изменения происходили в эволюционном режиме и биотические компоненты перестроились в соответствии с изменившейся средой.

В 30-е годы прошлого века началось активное освоение солевых запасов Верхнекамского месторождения, изменившего характер его взаимодействия с природной средой.

Добыча солей ведется подземным шахтным способом. Ежегодно производственными объектами 7 рудоуправлений, осваивающими солевые запасы, на поверхность извлекается свыше 80 млн т породы с повышенным содержанием солей и малых элементов. По данным спектрального анализа, средний статистический состав верхнекамских солей содержит свыше 5 кг/т микропримесей, из которых преобладают (в г/т): Fe – 4000; Br – 680; Mn – 300; Sr – 50; B – 30; Ti – 20; Cu – 5; Li – 3; Rb – 2 [2]. Темпы добычи год от года неуклонно нарастают и сопровождаются закономерным увеличением нагрузки на природные экосистемы, являясь предпосылкой формирования в границах ареала воздействия техногенной геохимической аномалии.

Инженерно-экологические изыскания, выполненные в рамках проектных заданий по оценке состояния природной среды на территории действующих и проектируемых производственных объектов по освоению Верхнекамского месторождения, показали, что основную техногенную нагрузку в настоящее время испытывают водные и околотовные экосистемы.

Геохимическое своеобразие экологической обстановки обусловлено техногенным засолением, химические характеристики которого производны от природного состава солевой толщи. Несмотря на современные технологии переработки, значительная часть солей и микропримесей остается в отходах, накапливается в отвалах и шламонакопителях, со сточными водами и под влиянием эрозии поступает в поверхностные водотоки, концентрируясь в донных отложениях и на участках антропогенного заболачивания.

Концентрации водорастворимых солей в почвах и донных отложениях поверхностных водотоков превышают допустимый уровень. Тип засоления хлоридно-сульфатный. Наибольшие отклонения по компонентному составу относительно фона характерны для донных отложений речных водотоков, дренирующих техногенные участки. Минерализация водной вытяжки выше фоновой в 7,5-8 раз, гидрокарбонатный состав фациального фона сменился на хлоридный и хлоридно-сульфатный. Под влиянием рассеивания солевых ингредиентов происходит изменение реакции почвенной среды в сторону подщелачивания, рН на участках засоления 7,4-8,9.

Солевой стресс сопровождается выпадением из состава ценозов типичных таежных видов растений, однако стимулирует захват освобождающихся экотопов солеустойчивыми ассоциациями с высоким потенциалом фитопродуктивности, создающей видимость экологического благополучия.

Изменения характерны не только для макро-, но и микроэлементного состава природных компонентов. Так, в почвенном покрове долинно-приречных экотопов концентрации элементов-примесей из состава солевой массы – Rb и Sr – превысили фоновый уровень до трех раз (K_K 1,2-3). Данный факт свидетельствует о формировании специфической биогеохимической аномалии, развивающейся под влиянием двух факторов: повышенной концентрации Rb в промышленном шламе и подщелачивания почвенной среды, вызывающей его осаждение. Из почв Rb легко поглощается растительность. Его физиологическая роль в растениях обусловлена способностью замещать K в растительных клетках. Однако Rb не способен осуществлять метаболические функции K, поэтому пагубно влияет на фитопродукционный процесс, снижая устойчивость типичных растительных ассоциаций к техногенной нагрузке.

Таким образом, техногенный галогенез, развивающийся в ландшафтах гумидного типа, является активным биогеохимическим фактором, изменяющим не только физико-химические, но и биотические характеристики природных экосистем.

Литература

1. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа. 1988. 324 с.
2. Кудряшов А.И. Калийные соли // Минерально-сырьевые ресурсы Пермского края. Пермь: ИПК «Звезда», 2006. С.191-198.

УДК 631.47

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ КАК ОДИН ИЗ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕНЕЗИСА ОРТШТЕЙНОВ В ПОЧВАХ ЮЖНОТАЕЖНЫХ ЛАНДШАФТОВ

Л.Г. Богатырев, Д.В. Ладонин, И.И. Антонова, А.В. Иванов, М.М. Карпухин

МГУ имени М.В. Ломоносова, факультет почвоведения, Москва, e-mail: bogatyrev@ps.msu.ru

В фундаментальных работах М.А. Глазовской [1] проблема микроэлементов занимает особое место - от вопросов, связанных с поиском рудных месторождений - до теоретических исследований поведения микроэлементов в системе геохимических ландшафтов, включая различные аспекты загрязнения окружающей среды. В ряду обширного арсенала, используемого в геохимии и почвоведении, геохимические спектры элементов (ГСЭ) являются не только информативными [1,2,3,4], но и отражают специфическую «гармонию» между ними. Однотипность ГСЭ или отражает единую минералогическую матрицу, или специфику функционирования экосистем. О значимости соотношений между элементами при освещении аналитических результатов в почвоведении писал еще П.С Коссович [5].

Система геохимических спектров элементов (ГСЭ) была использована при анализе содержания микроэлементов в почвах и ортштейнах двух геохимических ландшафтов, сформированных в пределах южнотаежной зоны и изученных в пределах территории УОПЦ Чашниково. Первый геохимический ландшафт был исследован в пределах геоморфологического профиля, охватывающего водораздел, склон и приводораздельное заболоченное понижение и отнесен к Н-ландшафту по типологии А.И.Перельмана. В пределах всего ландшафта почвообразование происходит на покровных суглинках, подстилаемых мореной. Полугидроморфный режим, складывающийся в условиях краевых участков приводораздельной депрессии, вероятно, сопровождается в прошлом, а частично и в настоящий момент, временным весенним переувлажнением, обуславливает весьма значительную сегрегацию железа в виде ортштейнов в пределах элювиальной толщи. Накопление ортштейнов особенно отмечено для элювиального горизонта, что позволяет обозначать этот горизонт как конкреционный. Заметная сегрегация обнаруживается и в более увлажненных условиях приводораздельной депрессии, на фоне более легкого гранулометрического состава верхней толщи. Анализ ГСЭ болотно-подзолистой почвы, формирующейся в краевых, относительно дренированных частях депрессии, показал, что здесь в почвах происходит концентрирование марганца, кобальта, а также мышьяка. Несколько менее выражено накопление свинца и ртути. Для ГСЭ ортштейнов характерен близкий рисунок. Отмечены пики для Ag, Hg и Pb, но явно уступающие по масштабу концентрирования элементам семейства железа.

ГСЭ ортштейнов, отобранных из мощной цементированной зоны горизонта EB, торфянисто-подзолисто-глеевой почвы, развивающейся в условиях большего гидроморфизма, показали близкую картину.

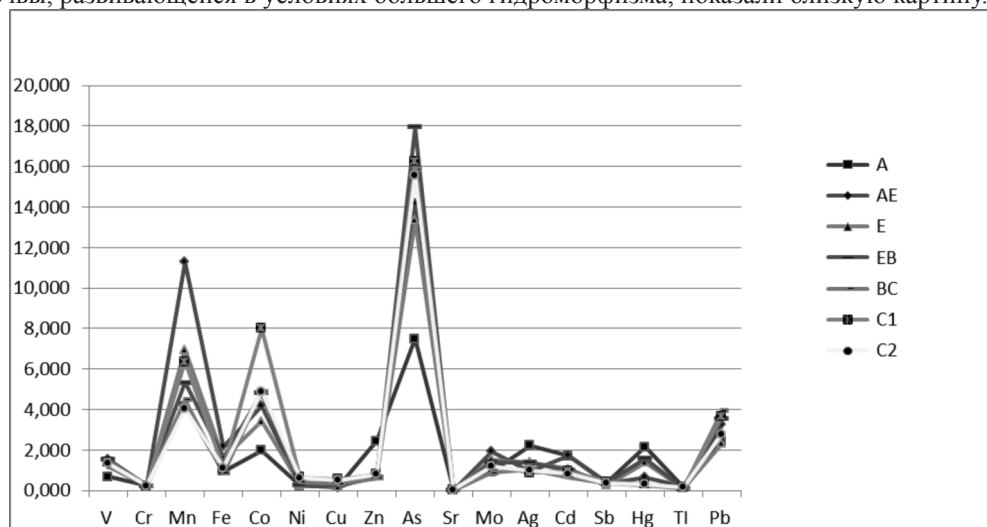


Рис. 1. Геохимические спектры элементов ортштейнов в профиле болотно-подзолистой почвы приводораздельной депрессии (первый ландшафт).

Второй ландшафт, включающий в себя водораздел, склон и пойму реки Клязьма оказался более контрастным в геохимическом отношении. Для водораздела и склона характерна принадлежность к Н и Н-Са типу ландшафта, соответственно, тогда как сама пойма находится в условиях активного проявления

роли кальция. Подтверждением последнего является формирование на стыке склона водораздела и притеррасной части поймы лугово-болотных почв, вскипающих с поверхности, с ярко выраженной вторичной карбонатностью, включая карбонатные новообразования в сочетании с ожелезнением профиля, и образованием типичной охры. В других почвах центральной поймы обнаружено сочетание нейтральной реакции почв с характерными, обращающими на себя внимание, сегрегациями железа, не только в виде ортштейнов, но и в виде роренштейнов, часто довольно обильных. Кроме того, в условиях заболоченных и частично уже осушенных склонов обнаружены остатки мощных цементаций болотной руды.

Для почв водораздела и склона обнаружен близкий характер ГСЭ, для которых характерно преимущественное рассеивание элементов семейства железа в сочетании с характерными пиками в области таких элементов как As, Ag и Hg, тогда как для лугово-болотной окарбонатованной почвы отмечен лишь один пик, характерный для As. Для дерново-луговой почвы центральной части поймы ГСЭ свойственны существенные пики в области Mn, Ag и Sb, в значительно меньшей степени в области Hg. Для аллювиальной окультуренной почвы, с характерным подстиланием на глубине торфами, обнаружено рассеивание элементов семейства железа при явном концентрировании таких элементов как As, Cd и Hg, причем конфигурация ГСЭ остается довольно однотипной, как для верхней минеральной толщи почв, так и для погребенных сильно разложившихся торфов. При всем своеобразии ГСЭ, обусловленных спецификой генезиса почв и их положением в системе сопряженных ландшафтов, обращает на себя внимание довольно активное, причем инвариантное концентрирование халькофильных элементов.

Морфологическое исследование показало, что из всех пойменных почв дерново-луговая почва центральной части поймы характеризуется высоким содержанием ортштейнов, причем с максимальной их концентрацией в гумусово-аккумулятивной части профиля, при существенной доле магнитных фракций. Особенности ГСЭ новообразований, отобранных из дерново-луговой почвы поймы реки Клязьмы, показаны на рис.2.

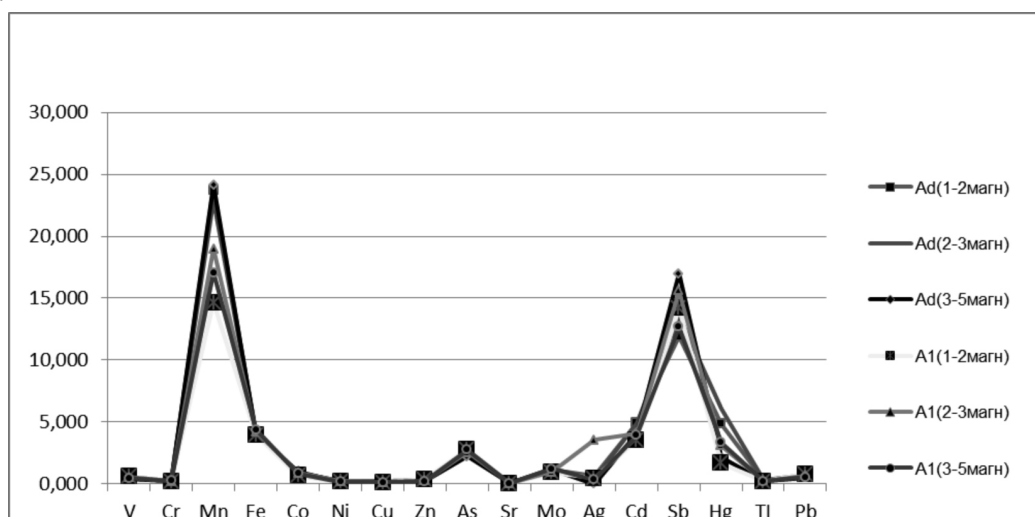


Рис.2. Геохимические спектры элементов ортштейнов в гумусово-аккумулятивных горизонтах дерново-луговой почвы центральной поймы р. Клязьма, второй ландшафт (магн-магнитные фракции ортштейнов).

Сравнение ГСЭ ортштейнов и вмещающей толщи показало, что для сегрегированных магнитных стяжений характерно преимущественное концентрирование марганца по сравнению с относительным накоплением Ag и Sb. В немагнитных конкрециях при близком характере спектров размах концентрирования оказался несколько выше. Но в том и другом случае общая конфигурация ГСЭ для почвы и ортштейнов оказалась однотипной. Для ГСЭ, полученных для болотной руды и крупных роренштейнов, установлено концентрирование марганца и железа, а также сурьмы и ртути, но при несколько меньшем абсолютном накоплении по сравнению с ортштейнами дерново-луговой почвы.

Последнее, очевидно, объясняется не только особенностями осаждения элементов при формировании болотной руды и роренштейнов, но и более грубым гранулометрическим составом частиц, образующих стяжения. ГСЭ свежесформировавшихся гелей железа («ржавца») в роднике, дающем начало ручью, и выклиниваемом на стыке первой террасы и поймы реки Клязьмы, обнаруживают близкую конфигурацию в области элементов семейства железа (рис. 3). Если для болотной руды и роренштейнов характерны пики для сурьмы, то для «ржавца» прослеживается относительное концентрирование таких элементов, как серебро и ртуть. В этом отношении роренштейны и болотная руда в характере концентрирования и рассеивания следуют за новообразованиями, выделенными из дерново-луговой почвы. Представляется, что при высокой карбонатности в профиле почв, например, в лугово-болотной почве, сегрегация и формирование плотных стяжений не столь очевидна, по сравнению с условиями, при которых в почве господствует переменный окислительно-восстановительный режим, и роль почвенно-грунтовых вод ясно диагностируется.

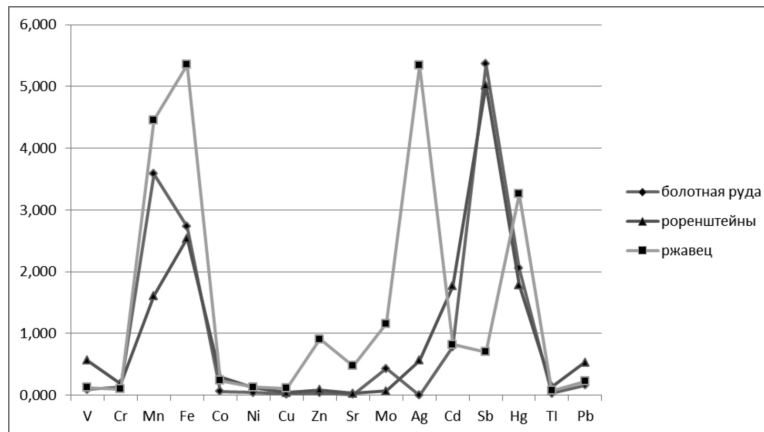


Рис.3. Геохимические спектры элементов болотной руды, крупных роренштейнов поймы, ржавца.

Таким образом, закономерности концентрирования и рассеивания элементов в почвах и сегрегированных формах железа сравниваемых геохимических ландшафтов объясняются как генетическими особенностями почв, так и их режимами, а определенное сходство новообразований водораздельных и пойменных ландшафтов можно объяснить общностью геохимического фона всей исследованной территории.

Вероятно, следует подумать о создании единого атласа ГСЭ для важнейших почв и ландшафтов России. Это было бы важным и, на наш взгляд, востребованным документом в системе современного мониторинга окружающей среды и экологического нормирования.

Литература

1. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа. 1988. 324 с.
2. Авессаломова И.А. Геохимические показатели при изучении ландшафтов. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1987. 138 с.
3. Перельман Н.С., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: «Астрей -200». 1999. 761 с.
4. Богатырев Л.Г., Ладонин Д.В., Семенюк О.В. Микроэлементный состав некоторых почв и почвообразующих пород южной тайги Русской равнины // Почвоведение. 2003. № 5. С. 568–576.
5. Зонн С.В. «Более докучаевец, чем сами докучаевцы». Памяти Петра Самсоновича Коссовича (1862-1915) // Почвоведение. 1997. №8. С.1021-1028.

УДК 911.2

ОПЫТ КРУПНОМАСШТАБНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ОБЪЕКТОВ ГЕОХИМИИ ЛАНДШАФТА

М.Д. Богданова, М. И. Герасимова, И.П. Гаврилова

Географический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, e-mail: md-bogdanova@yandex.ru

Основателями геохимии ландшафта предложены три понятия, формирующие концептуальную основу этой науки: элементарные ландшафты, геохимические барьеры и ландшафтно-геохимические сопряжения – катены [1, 2]. Все три понятия широко и успешно используются в геохимии ландшафтов и смежных областях – почвоведении, ландшафтоведении и экологии. Однако опыт их картографирования значительно уступает опыту применения в теоретических построениях и расчетах различных коэффициентов. Дальнейшая разработка этих объектов имеет целью их более детальное подразделение и апробацию путем составления специальных карт по отдельным параметрам миграционных процессов. Имеется небольшой опыт составления подобных карт в мелком масштабе, отдельные показатели введены в содержание базовых почвенно- и ландшафтно-геохимических карт. Для крупного масштаба такие работы практически отсутствуют.

Для получения пространственных характеристик базовых понятий геохимии ландшафтов была составлена серия крупномасштабных карт (1:10 000) на территорию хорошо изученного модельного района, обеспеченного картографической и атрибутивной информацией. Был выбран район учебно-научной станции географического факультета МГУ Сатино, где детально изучены все компоненты ландшафта, составлены разнообразные тематические крупномасштабные карты, разработана ГИС с базой данных [3]. Ключевой участок расположен на полого-холмистой моренной равнине, пересеченной древними ложбинами стока талых ледниковых вод и современными глубоко врезанными оврагами, привязанными к широкой долине р. Протвы; на покровных суглинках мощностью от 0,5 до 3,5 м формируются дерново-подзолистые почвы под вторичными смешанными лесами на месте широколиственно-хвойных лесов и под пашней.

Традиционно по условиям рельефа выделяются основные *элементарные ландшафты*: элювиальные, трансэлювиальные, трансаккумулятивные, супераквальные. Детальный анализ форм рельефа по крупномасштабной топографической карте позволил выделить дополнительные категории элементарных ландшафтов и предложить соответствующие термины, что отражено на соответствующей карте.

На водораздельных поверхностях в пределах слабоволнистой равнины предлагается выделять

элювиальные ландшафты первого и второго уровней. Первые (верхние ступени водоразделов) предлагается разделять на два варианта: с преобладанием радиальной и латеральной миграции; вторые представлены изолированными участками надпойменных террас и пониженными ступенями водоразделов. *Трансэлювиальные ландшафты склонов* весьма неоднородны и они подразделяются по возможной интенсивности латеральных миграций на 4 варианта в зависимости от крутизны склонов. На пологих террасовидных склонах (уклоны 1–3°) предполагается сочетание процессов слабого выноса и аккумуляции, поэтому такие поверхности отнесены к *трансаккумулятивно-элювиальным*, как и неясно выраженные в рельефе надпойменные террасы, перекрытые делювиальными отложениями. Элементарные ландшафты водосборных воронок и ложбин стока талых ледниковых вод характеризуются сочетанием процессов выноса, транзита и аккумуляции при некотором участии грунтовых вод или верховодки. Полого-вогнутые седловины с процессами выноса и аккумуляции вещества отнесены к *элювиально-аккумулятивным* ландшафтам. Подножья склонов и конусы выноса оврагов и балок обычно считают *трансаккумулятивными* элементарными ландшафтами, хотя и различающимися интенсивностью миграционных процессов; конусы выноса с более энергичным переносом вещества предлагается назвать *транзитно-аккумулятивными*. В оврагах и балках преобладает перенос веществ, что отражено названием *транзитный* в сочетании с другими терминами.

Трансупераквальные ландшафты речных пойм предложено разделить на *транзитные периодически супераквальные* элементарные ландшафты высокой и средней поймы и *транзитные супераквальные* – низкой. Болота разделены на *элювиально-супераквальные* (верховые болота) и *аккумулятивно-супераквальные* (низинные и переходные болота).

Предложенные уточнения, возможные на крупномасштабных картах, позволяют более полно охарактеризовать элементарные ландшафты и сочетания миграционных процессов в ландшафтно-геохимических сопряжениях.

На основании новой систематики *геохимических барьеров* М.А. Глазовской [1] были интерпретированы системы генетических горизонтов в почвах с точки зрения формирования в них геохимических барьеров; в систематике барьеров были учтены многие критерии: происхождение, механизм и режим функционирования, локализация, емкость, форма. Составлены три карты радиальных геохимических барьеров в почвенно-грунтовой толще: *биогеохимические поверхностные, внутрипочвенные, подпочвенные глубинные*.

Биогеохимические барьеры были разделены на органические и органо-минеральные разной емкости, которая оценивалась 2 показателями: содержанием гумуса и мощностью гумусово-аккумулятивного горизонта. Внутрипочвенные барьеры представлены преимущественно сорбционными, которые иногда сочетаются с глеевыми и карбонатными. Многолетними наблюдениями была выявлена динамичность свойств глеевых и карбонатных горизонтов – барьеров по годам и сезонам на данной территории, что позволило оценить их по режимам функционирования как сезонные/постоянные и блуждающие/стабильные.

Карта подпочвенных глубинных барьеров базируется на сведениях о гранулометрическом составе, сложении, проницаемости и химизме четвертичных отложений, которые представлены древнеаллювиальными, флювиогляциальными, ледниковыми отложениями, перекрытыми покровными суглинками разной мощности.

Ландшафтно-геохимические сопряжения – катены – достаточно разнообразны на модельном участке вследствие благоприятных климатических предпосылок водной миграции, разнообразия условий рельефа и, соответственно, систем сопряженных элементарных ландшафтов (как замкнутых, так и открытых), а также неоднородности рыхлых отложений. С картографическими целями была произведена группировка катен по нескольким критериям [4, 5]. По топографическим факторам формирования катен (в данном масштабе и при данном сечении рельефа) учтено несколько параметров их дифференциации. Проведено разделение ландшафтно-геохимических катен в зависимости от их функций по отношению к потокам вещества, по набору элементарных ландшафтов, по полноте осуществления потенциала миграции и характеру завершающих звеньев на типичные, псевдокатены и неполные. Они разделены также по форме продольного профиля, который может быть относительно прямым или ступенчатым (в последнем случае возможна частичная аккумуляция вещества). По свойствам рыхлых отложений традиционно выделены монолитные и гетеролитные катены, что позволяет оценить геохимические условия миграции на уровне внутрипочвенных и подпочвенных глубинных миграционных потоков. Так же учитываются кислотно-основные и окислительно-восстановительные параметры и связанная с ними контрастность условий латеральной дифференциации. Перечисленные показатели были введены в содержание карты ландшафтно-геохимических катен.

В качестве картографических единиц были приняты катены-трансекты, для которых характерна наибольшая определенность выявления миграционных потоков. Они проходят по области наибольших уклонов, как правило, по середине склона. Ширина трансекты на карте условна, зависит от сложности поверхности склона и может быть разной; на неровных склонах она обычно определяется положением малых эрозионных форм.

Таким образом, карта ключевого участка представляет определенный опыт крупномасштабного картографирования катенарных структур; карта содержит комплекс показателей, характеризующий ландшафтно-геохимические катены в разных аспектах. Основное внимание уделено характеристикам катен, определяющим литолого-топографический потенциал миграции, ряд показателей учитывается традиционными способами.

Составленная серия карт иллюстрирует возможности сопряженного крупномасштабного картографирования трех важнейших объектов геохимии ландшафтов и предполагает его дальнейшее совершенствование.

Литература

1. Глазовская М.А. Геохимические барьеры в почвах равнин, их типология, функциональные особенности и экологическое значение // Геохимия ландшафтов и география почв / Под ред. Н.С. Касимова и М.И. Герасимовой. М.: АПР. 2012. С. 24-42.
2. Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. М.: Изд. МГУ, 1964. 230 с; переиздание: Смоленск: Ойкумена, 2002. 287с.
3. Общегеографическая практика в Подмоскovie / Под ред. Г.И. Рычагова. М.: Географический ф-т МГУ. 2007. 360 с.
4. Касимов Н.С. Базовые концепции и принципы геохимии ландшафтов // Геохимия ландшафтов и география почв / Под ред Н.С. Касимова и М.И. Герасимовой. Смоленск: Ойкумена, 2002. С. 23–40.
5. Касимов Н.С., Самонова О.А. Катенарная ландшафтно-геохимическая дифференциация // География, общество, окружающая среда. Т. 2. М.: Городец, 2004. С. 479-489.

УДК 550.47:631.4

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО КРУГОВОРОТА КУЛЬТУРАХ ПИХТЫ ЦЕЛЬНОЛИСТНОЙ И ПРОЦЕССЫ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В В ПРЕДЕЛАХ ЕЕ АРЕАЛА

А.Г. Болдескул, Е.П. Кудряцева, В.С. Аржанова

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, e-mail: boldeskul@tig.dvo.ru

Низкогорные ландшафты чернопихтово-широколиственных лесов в целом характеризуются высокими показателями биологического круговорота [1,2]. Основной вклад в биологический круговорот вносят многочисленные высокозольные лиственные виды деревьев.

По типу круговорота изучаемые ландшафты занимают промежуточную позицию между субтропическими лесами и широколиственными лесами умеренной зоны [3], что обуславливает своеобразие и различные варианты проявления процессов почвообразования.

Согласно современной классификации [4], почвы исследованных лесов относятся к типам «Буроземь», «Буроземы темные», входящим в отдел «Структурно-Метаморфических» почв. По наличию слабых признаков иллювиирования глины и полуторных оксидов, оглеения и т.д. выделяются соответствующие подтипы. Согласно нашим исследованиям, в целом, буроземы чернопихтово-широколиственных лесов характеризуются слабо-дифференцированным профилем, слабокислой реакцией среды в широколиственных парцеллах и кислой - в хвойно-широколиственных, высоким содержанием гумуса в гор. АУ и аккумулятивным его распределением по профилю. В изученных буроземах присутствует иллювиирование глинистых и более крупных пылевых частиц по граням структурных отдельностей, но оподзоливание не выражено - ни морфологически, ни по физико-химическим свойствам.

Площадь чернопихтово-широколиственных лесов за время интенсивного освоения южной части Приморского края значительно сократилась. В настоящее время встает вопрос о сохранении этой уникальной формации. В связи с этим представляют интерес исследования почвенно-биотического блока, проведенные нами на участках посадки пихты цельнолистной (*Abies holophylla*) в пределах ее ареала.

Культуры пихты цельнолистной были заложены в 1948 году [5] на месте вырубленного коренного чернопихтово-широколиственного леса на средней выположенной части склона юго-западной экспозиции, крутизной до 10° в бассейне р. Малая Седанка (полуостров Муравьева-Амурского). Абсолютная высота 80 м.

В 2010 году на этом же участке была заложена временная пробная площадь 40x40 м со сплошным пересчетом древостоя и выкопан полнопрофильный почвенный разрез.

За 62 года на участке сформировался молодой пихтовый лес средней сомкнутости (0,4-0,5) и высотой 16-18 м, в котором четко выделяются два древесных яруса и слабо выражен ярус подлеска. Часть стволов пихты вышла в первый ярус. Основное число стволов пихты в настоящее время находится во втором ярусе. В целом плотность стволов пихты на исследованном участке составляет 631 шт/га, что в 2,5-3 раза выше плотности стволов пихты на стадии вставания ее в третий ярус в естественных насаждениях.

В составе древесных ярусов выявлено 12 видов деревьев. В первом ярусе по числу стволов значительны доли пихты, дуба, липы амурской и клена мелколистного. Разнообразие древостоя создается за счет малообильных видов – ясени (маньчжурский и носолистный), береза даурская, орех маньчжурский, вишня Саржента и мелкоплодный ольхолистный представлены единичными экземплярами. Подлесок развит слабо, представлен 6 видами кустарников.

Запасы подстилки составляют 1,25 кг/м² и накапливают в своем составе 270 г/м² золы. Осеннее поступление опада – 0,3-0,35 кг/м² (27-35г/м² золы). Отношение подстилки к опаду составляет 3,5-4,0, это больше, чем в естественной чернопихтовой парцелле, исследованной ранее [2] и свидетельствует о замедленном биокруговороте.

Почвенный разрез заложен на выположенном участке склона (элювиально-аккумулятивные условия) под перекрывающимися кронами дуба, липы, пихты. В этих условиях формируются текстурно-дифференцированные почвы – тип «Текстурно-метаморфические» по современной классификации, и имеют следующее строение:

О 0-5 см Среднемощный органогенный горизонт равномерно покрывает поверхность почвы, состоит из двух подгоризонтов: верхний образован целыми и полуразложившимися листьями дуба, липы; влажный, рыхлый, легко отделяется от следующего. Нижний горизонт переходный, состоит из фрагментов листьев, хвои и мелких веточек, переплетенных корнями и гифами грибов, содержит мелкозем около 25% по весу.

AY 5-20 см Темносерый (2.5 Y 2,5/1 по шкале Манселла), копрогенной мелкозернистой структуры, тяжелосуглинистый, рыхлый, пористый, густо переплетен мелкими корнями. Переход четко выраженный, граница волнистая.

ELm 20-40 см Палево-серый светлый (2,5 Y 5/3), плотный, слоисто-плитчатой структуры, пористый. По порам и корням видны натеки глинистого материала, корней не много. Горизонт среднесуглинистый, щебнистый (20-30%). Щебень слабо выветрелый, ломается по трещинам, которые покрыты темно-рыжими и черными железисто-марганцевыми кутанами. Верхние грани щебня светлые, покрыты глинистыми кутанами. Переход ясный по цвету и структуре, граница волнистая.

BELm 40-75 см Светло-бурый (10YR 5/6) с желтым оттенком, плотный, суховатый, тяжелосуглинистый, плитчато-призматической структуры. Щебнистый 20-30% (4-5 см по длинной оси). Щебень средневыветрелый, ломается по трещинам. Сколы покрыты черными железисто-марганцевыми кутанами, на верхних гранях – глинистые кутаны. Корни встречаются единично. Переход постепенный по цвету, степени выветрелости щебня и грансоставу.

BTg 75-130 см Желто-бурый (10YR 4/4), плотный, глинистый, щебнистый. Мелкий щебень сильно выветрелый, придает «рябую» окраску, особенно в нижней части горизонта. Много рыжих и черных пятен 2-3 мм, есть более светлые пятна, приуроченные к остаткам щебня. Структура ореховато-призматическая, достаточно прочная. Переход постепенный по цвету и степени выветрелости щебня.

BTC 130-150 см Ярко-бурый ((рыжий) 7.5YR 4/6), плотный, глинистый, влажный, крупно глыбистой ореховато-призматической структуры. Горизонт очень щебнистый. Щебень слабовыветрелый единичный крупный (до 30-35 см по длинной оси), ломается по трещинам с трудом. Мелкого щебня много, весь сильно выветрелый, создает более светлые пятна. В верхней части есть железисто-марганцевые конкреции.

В результате формирования практически монодоминантной чернопихтовой парцеллы - при сравнительно небольшом участии лиственных пород - увеличилась роль именно хвойных компонентов и их производных в биокруговороте и, соответственно, в процессах почвообразования. Преимущественно кислые атмосферные осадки под пологом пихты и кислые почвенные растворы, не компенсируемые полностью элементами опада и подстилки, привели к усилению элювиальных процессов в почвах и формированию достаточно мощного (до 18-20 см) осветленного элювиального горизонта Elm в почвенном профиле, хотя практически для всех естественных, изученных нами, парцелл, в том числе и с участием преимущественно хвойных пород, типичны морфологически неоподзоленные буроземы. Результаты оподзоленности выявляются и на основании физико-химических методов исследования почв. В горизонте E1 кислотность на единицу выше, чем в гумусовом горизонте AY ($pH_{\text{водн}}$ падает от 6,1 до 4,9), резко снижается содержание гумуса (от 17,6% до 1,6%), при этом увеличивается доля фульвокислот: Сгк/Сфк уменьшается от 1,28 до 0,33. Горизонт содержит минимальное число илестых частиц (физическая глина составляет $\leq 40\%$). Процессы лессиважа характерны для всех горизонтов, дифференциация по гранулометрическому составу присутствует.

Резкие изменения в структуре и видовом составе леса менее чем за столетний период привели к усилению элювиального процесса и изменению морфологии и свойств почвенного профиля. Исследования почвенно-биотического блока, проведенные нами в посадках пихты цельнолистной во многом подтверждают значимость и высокую скорость процессов в почвенно-биотическом блоке, установленную для горных ландшафтов Приморья [6].

Литература

1. Костенкова А.Ф. Особенности биологического круговорота веществ в почвах геохимически сопряженных биогеоценозов южного Приморья. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 1980. 24 с.
2. Болдескул А.Г., Аржанова В.С., Кудрявцева Е.П. Роль растительности в процессах геохимии и функционирования ландшафтов чернопихтово-широколиственных лесов Южного Приморья // Материалы XIV Сессии географов Сибири и Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 2011. с. 117-120.
3. Родин Л.Е., Базилевич Н.И. Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара. М.-Л.: Наука, 1965. 251 с.
4. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена. 2004. 342 с.
5. Пулинец М.П. 1970. Культуры пихты цельнолистной // Лесное хозяйство (Научные труды). Том 5 (выпуск 2). Улан-Удэ. С. 22-28.
6. Аржанова В.С., Елпатьевский П.В. Геохимия, функционирование и динамика горных геосистем Сихотэ-Алиня (юг Дальнего Востока России). Владивосток: Дальнаука, 2005. 253с.

УДК 631.47

ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА НА ТЕРРИТОРИИ БЕРЕЗИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

И. Г. Борисова

Амурский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ботанического сада-института ДВО РАН, г. Благовещенск, e-mail: borisovagis@mail.ru

Березитовое золотополиметаллическое месторождение находится в Тындинском районе Амурской области в 140 км к юго-западу от районного центра пос. Тында. Оно расположено на междуречье левых

притоков р. Хайкта – ручьи Иншуты, Березитовый и Орогжан, в пределах Березитового рудного узла, являющегося фрагментом Уруша-Ольдойского золотоносного района. Месторождение относится к золото-кварц-сульфидной формации.

Для характеристики ландшафтно-геохимической обстановки на территории Березитового месторождения проводились ландшафтно-геохимические исследования и рассчитывались относительные коэффициенты: элювиально-аккумулятивный ($K_{за}$), биологического поглощения ($K_о$) и водной миграции ($K_в$). Для расчета коэффициентов использовались данные анализов почв, золы лесной подстилки, воды четырех малых притоков р. Хайкта и горных пород, полученные методами атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой.

Березитовое месторождение находится в горно-таёжном геохимическом ландшафте, который имеет расчлененный рельеф с характерным преобладанием транзитных ландшафтов. Он сложен палеозой-мезозойскими магматическими породами кисло-среднего состава и относится к кислым и кисло-глеевым (H^+ , H^+ - Fe^{2+}) мерзлотным ландшафтам.

Для исследованной территории характерен водный почвенно-конжелифлюкционно-дефлюкционный тип миграции вещества, когда движение водных растворов происходит преимущественно по поверхности почв или внутри почвенной толщи по мерзлотному слою.

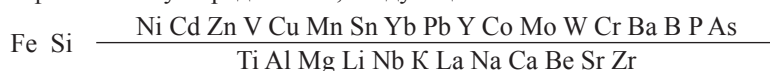
Вещественный состав ландшафта определяется, прежде всего, литологией. На исследованной территории основную площадь занимают раннепротерозойские гранитоиды позднестанового комплекса, в составе которых принимают участие биотит-роговообманковые гранодиориты, граносиениты и кварцевые сиениты, обычно порфириовидные, гнейсовидные граниты и гранодиориты, биотит-роговообманковые, роговообманково-биотитовые, обычно порфириовидные субщелочные граниты. Геохимические особенности рассматриваемых пород - постоянно высокие кларки концентраций инертных элементов – никель, кобальт, часто хром.

Почвенный фон образуют горные грубогумусные буротаёжные почвы в разной степени оглеенные и оподзоленные. Миграция химических элементов в почвах происходит в условиях кислой и кисло-глееватой среды. Исследованные почвы имеют промывной режим увлажнения, в условиях которого происходят кислое, кисло-глеевое выщелачивание. Немаловажную роль играет длительно (иногда до середины июля) сохраняющаяся в почвах мерзлота. Промораживание почв приводит к дегидратации и сорбции гумусовых и органоминеральных соединений. Приобретенные ими свойства оказываются довольно устойчивыми.

В почвах повышенный природный геохимический фон создается за счет таких химических элементов как свинец, олово, медь, цинк, никель, ванадий, марганец, бор, кадмий, железо и магний. Сложившийся почвенно-геохимический фон определяется вещественным содержанием горных пород, но при этом происходит выборочное накопление химических элементов растительностью и в почву поступают химические элементы из разлагающегося растительного опада.

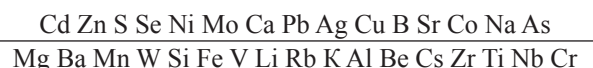
Миграционные процессы вещества в ландшафте также зависят от циркуляции и вещественного состава поверхностных и подземных вод. Для характеристики этих процессов были собраны исходные данные по бассейнам малых таёжных рек и ручьев исследованной территории.

Источником химических элементов в ландшафте являются горные породы. Геохимическая формула, исследованного ландшафта по блоку порода-почва, следующая:



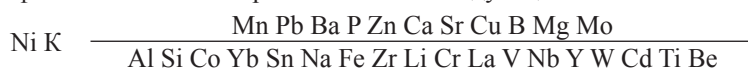
Стабильными элементами являются железо и кремний, их количество в породе и почве примерно одинаковое. Накапливаются те элементы, которые располагаются в числителе дроби ($K_{за} > 1,1$), причем они представлены в порядке убывания. Выносятся те элементы ($K_{за} < 0,9$), которые располагаются в знаменатели дроби, они также представлены в порядке убывания.

Геохимическая формула исследованного ландшафта, составленная по коэффициентам водной миграции ($K_в$) следующая:



Элементы, слабо выносящиеся из ландшафта ($K_в < 0,9$), представлены в знаменателе дроби, сильно выносящиеся ($K_в > 1,1$) - в числителе дроби.

Один из главных природных процессов – биогеохимический круговорот – циклический процесс обмена веществом и энергией, представляющий суть функционирования геосистемы. Геохимическая формула исследованного ландшафта в системе почва-растительность следующая:



Элементы, в одинаковом количестве содержащиеся в почве и растительности, имеют $K_о = 0,9-1,1$ и располагаются перед дробью. В знаменателе дроби располагаются химические элементы, которые мало накапливаются в растительности ($K_о < 0,9$). Накопление химических элементов в растительности по отношению к почве обусловлено вовлечением их в биогенный круговорот ($K_о > 1,1$ - числитель дроби). Особенно ярко выражено накопление марганца вследствие его активного участия в круговороте веществ ($K_о = 51,3$). Менее выраженному накоплению свинца, бария, фосфора, цинка, кальция, стронция соответствует их положение в

группе элементов, вовлекаемых в биогеохимический круговорот со средней интенсивностью (K_6 от 11,3 до 4,3). Элементы (медь, бор, магний, молибден) с низкими показателями участия в биокруговороте (K_6 от 2,7 до 1,3) имеют в лесной подстилке незначительные накопления. Несмотря на очень высокие концентрации в почве олова, никеля и ванадия, в лесной подстилке они не накапливаются.

Полученные геохимические формулы показывают, что «поведение» химических элементов в природных блоках геосистем различно. Из 38 рассмотренных химических элементов в почве удерживаются 18 элементов, т.е. их содержание превышает содержание в горной породе. 9 элементов активно мигрирует в водной среде. Благодаря биогеохимическому круговороту веществ в ландшафте удерживаются 11 элементов из 38.

Взаимосвязь геохимических процессов представлена в таблице 1, из которой видно, что марганец на исследованной территории представлен как слабый водный и самый активный биогенный мигрант. Свинец также активно аккумулируется растительностью, но более интенсивно, чем марганец выносятся из геосистемы. Сера, никель, селен, кадмий - слабые биогенные и активные водные мигранты. Цинк активно мигрирует в водной среде, но при этом участвует в биогенном круговороте со средней интенсивностью. Молибден – достаточно активный водный мигрант и менее активно участвует в биокруговороте. Хорошо видны различия по показателю водной миграции между такими биогенными элементами, как фосфор и сера. Бор, кобальт, медь, стронций, серебро, кальций - примерно в равной мере биогенные и водные мигранты.

Таблица 1

Участие химических элементов в водной и биогенной миграции вещества в горно-таёжном ландшафте территории Березитового месторождения

Коэффициенты миграции		биогенной (K_6)			
		<1	1-5	5-10	>10
водной ($K_в$)	<1	Li Be Ti V Cr Rb Nb Sn Cs W La Y Yb Fe Si Al	Mg K	P Ba	Mn
	1-5	As Na	B Co Cu Sr Ag Ca		Pb
	5-10		Mo		
	>10	S Ni Se Cd	Zn		

Ландшафтно-геохимическая формула интегрального выражения биогенной и водной миграции вещества в исследованной геосистеме следующая:

$$[H^+, H^+ - Fe^{2+}] Li, Be, Ti, V, Cr, Rb, Nb, Sn, Cs, W, La, Y, Yb, Fe, Si, Al, Mg, K, As, Na, B, Co, Cu, Sr, Ag, Ca \frac{Mn, P, Ba, Pb}{S, Ni, Se, Cd, Zn}$$

В числителе элементы со значениями $K_6 > 5$ при $K_в < 5$, в знаменателе - элементы с $K_в > 5$ при $K_6 < 5$, рядом с дробью – элементы с K_6 и $K_в < 5$. Первыми записываются значения с наибольшими значениями коэффициентов и далее по мере их уменьшения. Перед формулой указывается класс водной миграции. Эту формулу можно рассматривать как модель естественного хода геохимических процессов в исследованном ландшафте.

Ценность представленных схем миграционных формул в том, что они обладают количественными показателями. При их расчете использовалась вся исходная ландшафтно-геохимическая информация. По этим формулам можно оценить долю участия химических элементов в процессах миграции. Высокая напряженность биогеохимического круговорота в проанализированной геосистеме наблюдается у 4 элементов (марганец, фосфор, барий, свинец), среди них 2 элемента относится к первому классу (фосфор) и второму классу (свинец) опасности. Выносу вещества в водосборных бассейнах противостоит биогеохимический круговорот. Это служит признаком удержания в геосистеме загрязняющих веществ. Можно ожидать, что в процессе техногенного загрязнения достаточно быстро будет происходить самоочищение геосистемы от химических элементов, которые активно участвуют в водной миграции, и очень долго будет протекать процесс самоочищения геосистемы от химических элементов с высокими коэффициентами биологического поглощения после прекращения антропогенного воздействия.

УДК 630*43: 631.417.2 (571.61)

ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ПИРОГЕННЫХ БУРОЗЁМОВ АМУРО-ЗЕЙСКОЙ РАВНИНЫ С.В.

Брянин

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, Благовещенск, e-mail: bruanin@ascnet.ru

Особенности почвообразования Дальнего Востока оказывают большое влияние на процессы гумусообразования. Длительный вегетационный период, достаточное количество тепла и влаги способствуют большому ежегодному приросту растительной массы, а, следовательно, и значительному поступлению органических остатков. Наиболее интенсивное разложение происходит в летне-осенний период при высокой активности микробиологических процессов. Быстрое наступление холодов осенью и довольно глубокое промерзание почв зимой ведет к консервации продуктов биогенного распада и синтезу органических веществ,

в результате происходит значительное накопление гумуса [1, 2].

Гумусу принадлежит особая роль в почвообразовании, в осуществлении биосферных функций, таких, например, как контроль газового состава атмосферы (в результате эмиссии диоксида углерода). Эта глобальная функция почв во многом определяется гумусным состоянием почв [3]. Своеобразие формирования органического



Рис. 1 Содержание и внутрипрофильное распределение углерода в буроземах: Бтс – бурозём тяжелосуглинистый, Бгтс – бурозём глееватый тяжелосуглинистый, Бсп

вещества тесно связано с генезисом почв и термодинамическими условиями гумификации органического вещества.

Однако естественные процессы гумификации, гумусообразования и гумусонакопления нарушаются регулярными низовыми пожарами.

На исследуемой территории гумус в бурозёмах концентрируется в поверхностных горизонтах. Содержание его по профилю почв склонов и водоразделов резко убывает (рисунок).

В поверхностном горизонте А0А1 мощностью 1 см содержание органического углерода составляет 9,0-39,1%. В горизонте А1 количество гумуса варьирует от 4,1 до 14,6% однако уже на глубине 40 см, в средней части профиля, его содержание редко превышает 1%, в почвообразующей породе и вовсе снижается до 0,1-0,3%. Гумус верхних горизонтов обеднен азотом, соотношение С:N довольно широкое – от 17 до 25, с глубиной снижается незначительно, в минеральных горизонтах становится близким к 10. Широкое соотношение С:N свидетельствует о гумусе типа «модер» во всех лесных подстилках и поверхностных органогенных горизонтах бурозёмов, независимо от их положения в рельефе или гранулометрического состава.

Запасы гумуса в двадцатисантиметровом слое почв изменяются в пределах 222-133 т/га, а в бурозёме среднесуглинистом на средней части пологого склона составляют лишь 79 т/га. В метровой толще запасы гумуса варьируют от 328 т/га до 191 т/га в почвах водоразделов и склонов. В бурозёме супесчаного гранулометрического состава (средняя часть пологого склона) запасы гумуса в метровой толще минимальны (40 т/га).

Большое значение имеет исследование внутрипрофильного распределения основных компонентов гумусовых веществ, которое наиболее информативно отражает генезис почв.

Под воздействием огня страдают, как правило, поверхностные горизонты почв. При этом значительно изменяются процессы трансформации органического вещества, что находит отражение, как в содержании гумуса, так и в показателях его фракционно-группового состава. Для изучения этих показателей были выбраны две площадки (№№ 7, 9) с различной степенью нарушения огнём:

в белоберёзовом лесу с незначительным участием лиственницы и лиственничном лесу с небольшим участием березы плосколистной. Пожар 2006 года не вызвал серьёзных нарушений в составе древостоя на площадке 7, была уничтожена только лесная подстилка, в то время, как площадка 9, пострадала в большей степени – кроме уничтожения опада и подстилки были частично озолены поверхностные горизонты почвы.

Степень гумификации органического вещества в почвах этих площадок изменяется от очень слабой (разрез 7) до слабой (разрез 9), согласно градации Д.С. Орлова с соавторами [4] (таблица).

Таблица 1

Показатели гумусного состояния пирогенных бурозёмов

Почва	№ разреза горизонт	Гумус, %	Запасы гумуса, т/га		Профильное распределение	Степень гумификации органического вещества	Сгк/Сфк	Содержание фракций ГК, % к сумме ГК		
			в слое 0-20 см	в слое 0-100 см				связанных с кальцием	прочных связанных	«свободных»
Бурая лесная глеевая тяжелосуглинистая на глинах	7 А1	12,15	44	98,1	резко убывающее	4,5	1,63	16,8	34,9	48,3
	7 А1В	0,88			то же	35,1	0,42	23,3	32,9	43,8
	9 А1	2,46	17,2	39,7	то же	15,6	0,66	8,8	50,0	41,2
	9 А1В	1,40			то же	7,3	0,47	12,5	37,5	50,0

Тип гумуса в разрезе 7 в горизонте А1 – гуматный, в горизонте А1В – резко фульватный. В бурой лесной глеевой почве (разрез 9), поверхностный горизонт которой был нарушен пожаром, тип гумуса уже в горизонте А1 – фульватный, а в горизонте А1В – резко фульватный. Фульватный состав гумуса бурой лесной глеевой почвы указывает на изменения в процессах трансформации органического вещества под воздействием

огня. Содержание «свободных» гуминовых кислот (ГК) в % от общей их суммы – среднее, содержание ГК, связанных с кальцием, очень низкое во всех анализируемых горизонтах почв. Однако содержание ГК, связанных с глинистыми минералами (прочносвязанные ГК) – высокое. Среди фульвокислот (ФК) преобладающей является фракция, связанная с гуминовыми кислотами первой группы.

Таким образом, основная часть органического вещества в пирогенных буроземах Амура-Зейской равнины сосредоточена в верхнем двадцатисантиметровом слое. С глубиной его содержание резко снижается. Запасы гумуса (в слое 0-100 см) в почвах варьируют в пределах 40-328 т/га. Периодические пожары нарушают процессы гумусообразования, что приводит к формированию фульватного типа гумуса даже в поверхностном горизонте А1. В составе гуминовых кислот доминируют свободные и прочносвязанные фракции. Величина негидролизуемого остатка по отношению к общему содержанию углерода в почве составляет около 50%.

Литература

1. Хавкина Н.В. О некоторых особенностях органического вещества горно-лесных почв Сихотэ-Алиня. Генезис бурых лесных почв. Труды БПИ. Владивосток, 1972. Т.10. С. 126-137.
2. Пуртова Л.Н. К оценке гумусного состояния и энергетических запасов почв природных и антропогенных ландшафтов приморья и Среднего Приамурья. Генезис и биология почв юга Дальнего Востока. Владивосток: ДВО РАН, 1994. С. 232-238.
3. Таргульян В.О. Некоторые проблемы теории почвообразовательных процессов и эволюция почв. Процессы почвообразования и эволюция почв. М.: Наука, 1985. С. 3-9.
4. Орлов Д.С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов. Почвоведение. 2004. №8. С. 918-926.

УДК 631.4

ДИНАМИКА pH ПОЧВ СКЛОНОВ В ПЕРИОД СНЕГОТАЯНИЯ

С.В. Будник

Житомирский национальный агроэкологический университет, г.Житомир, e-mail: svetlana_budnik@ukr.net

Величина pH почвы зависит от взаимодействия многих почвенных компонентов, в том числе от содержания, состава и соотношения органических кислот, катионного обмена и выщелачивания веществ, жизнедеятельности почвенной биоты. Это отражается в пространственно-временном варьировании величин pH по территории [1]. Поскольку на состояние почвы оказывают влияние и внешние факторы, это также находит отражение в изменчивости pH. Так, щелочность почвы во влажную погоду выше. Согласно данным, приводимым В.Г.Саакян, Е.И.Горшковой [2], П.П.Гончар-Зайкиным [3] и другими исследователями, при уменьшении влажности почв наблюдается, как правило, уменьшение pH почв на 0,5-0,8 единиц. При наличии в почвах карбонатов различия в значениях pH при изменении влажности выше, чем в бескарбонатных почвах.

По данным [2], фактор «год наблюдений» оказывает значительно большее влияние на величину pH, чем фактор «сезон». Детальные исследования взаимосвязи состава поверхностных вод от содержания веществ в почве при снеготаянии проведены П.П.Воронковым [4].

Важность исследования динамики pH определяется разнообразием ее влияния на почвы и живые организмы, в том числе и на миграционные процессы и перераспределение питательных веществ и загрязнений по территории.

Задачей наших исследований было проследить изменение pH водной вытяжки верхнего оттаявшего слоя почвы (0-3 см) в период снеготаяния и выявить основные влияющие на нее в этот период факторы.

Проведены наблюдения за формированием склонового стока при снеготаянии в различные годы (1996-2011 гг.) в разных природных зонах (степная и лесостепная) на различных агрофонах и почвенных разностях. Наблюдения проводились в опытном хозяйстве Института охраны почв УААН «Ударник» Лутугинского р-на Луганской обл. на черноземах обыкновенных на лессах, в Краснодарском р-не на черноземах на лессах, песках и мергелях, в Обуховском и Бориспольском р-не Киевской обл. на серых лесных почвах на лессе и Киево-Святошинском р-не на черноземах типичных на легком суглинке и в Андрушевском р-не Житомирской обл. на темно-серых оподзоленных почвах. В табл. представлены диапазоны изменения характеристик почвенного покрова в период снеготаяния за период исследований.

Анализировалось влияние на pH почвы морфометрических характеристик склона, водно-физических свойств почвы, гранулометрического состава почвы, погодных характеристик года, а также состава атмосферных осадков (снега).

Исследования показывают, что зависимость pH водной вытяжки от pH снега существует, но имеет значительный разброс точек (коэффициент корреляции составляет 0,33 при значимом коэффициенте корреляции 0,1046 для уровня значимости 5%). Вероятно, наличие связи объясняется тем, что анализировалась почва в состоянии естественной влажности, перед определением pH она не высушивалась до воздушно-сухого состояния. Более надежные зависимости pH почвы прослеживаются с влажностью и плотностью почвы. Наблюдается устойчивая тенденция увеличения pH почвы с увеличением ее влажности и уменьшение pH почвы с увеличением ее плотности (рис.1). Особенно четко эти тенденции проявляются при дифференциации данных по агрофонам (рис.2).

С увеличением длины и уклона склона pH почвы также увеличивается, но эта тенденция четко видна только при анализе материалов по годам и по склонам (рис.3), поскольку в течение периода снеготаяния также наблюдается изменение pH.

Динамика характеристик почвенного покрова в период снеготаяния

Фактор	Диапазон изменения факторов	Изменение влажности почвы, %	Изменение плотности почвы, г/см ³	Изменение рН водной вытяжки
Длина склона, м	2 - 50	17,1 - 57,3	0,65 - 1,57	5,88 - 7,92
	51 - 90	26,0 - 118,0	0,65 - 1,44	6,72 - 8,02
	91 - 150	20,9 - 60,4	0,68 - 1,62	6,43 - 7,92
	151 - 350	18,6 - 56,4	0,8 - 2,06	5,43 - 7,88
	351 - 919	27,2 - 99,2	0,87 - 1,92	6,15 - 7,65
Уклон склона, ‰	8 - 50	17,1 - 60,4	0,65 - 1,92	5,43 - 7,96
	51 - 100	25,1 - 99,2	0,78 - 2,06	6,7 - 8,02
	107 - 172	26,0 - 118,0	0,8 - 1,22	7,65 - 7,7
Агрофон	зябь	17,1 - 51,8	0,8 - 1,88	5,7 - 7,87
	озимые	25,1 - 60,4	0,65 - 2,06	6,72 - 7,96
	многолетние травы	26,0 - 118,0	0,8 - 1,76	5,43 - 8,02
	полевая дорога	31,2 - 39,1	1,05 - 1,92	6,34 - 7,85
	стерня пропашных	41,3 - 43,9	1,38 - 1,43	6,78 - 7,16
Почво-грунты	мергель	26,0 - 47,7	0,97 - 1,22	-
	чернозем обыкновенный на слабощелочном лессе, подстилаемом мергелем	30,8 - 118,0	0,84 - 1,76	5,43 - 8,02
	чернозем обыкновенный на песках	17,1 - 26,1	1,09 - 1,59	5,88 - 7,33
	чернозем обыкновенный на лессе	25,1 - 99,2	0,65 - 1,36	7,57 - 7,96
	чернозем типичный на легком суглинке	27,16 - 44,72	0,87 - 1,92	5,7 - 7,65
	серые лесные на лессе	25,36 - 36,45	0,91 - 2,06	6,72
	темно-серые оподзоленные	35,1 - 43,9	1,28 - 1,53	6,34 - 7,4
Тип снеготаяния	солярно-адвективный	17,1 - 118,0	0,84 - 2,06	5,43 - 8,02
	соляренный	25,1 - 54,0	0,65 - 1,58	6,9 - 7,96
	адвективный	18,6 - 99,2	0,8 - 1,76	6,0 - 7,96

Характеристики гранулометрического состава, такие как средний диаметр почвенных частиц, коэффициент однородности частиц по Траску-Крумбейну четкого влияния на рН почвы не показали.

Исследование влияния на величину рН почвы таких характеристик года, как число дней до начала снеготаяния, глубина промерзания почвы, глубина оттаивания почвы, сумма температур воздуха до начала снеготаяния, тип снеготаяния также четких тенденций связи не обнаружило.

Проведенные исследования показывают, что рН водной вытяжки верхнего оттаявшего слоя почвы при снеготаянии значительно варьирует по длине склона, с изменением уклона склона, влажности и плотности почвы. Так же значимое влияние на рН водной вытяжки из почвы оказывает рН снега.

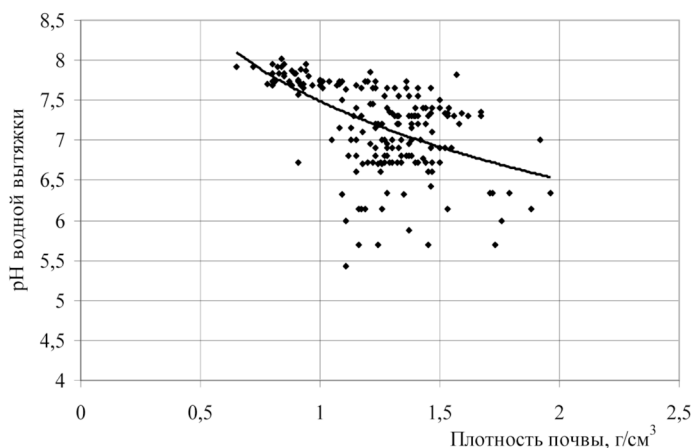


Рис. 1. Зависимость рН водной вытяжки из 0-3 см слоя почвы от плотности почвы в период снеготаяния. Весь ряд наблюдений

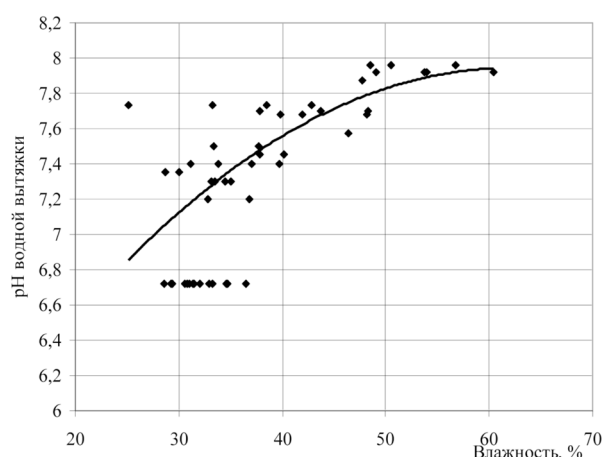


Рис. 2. Зависимость рН водной вытяжки из 0-3 см слоя почвы от влажности почвы на озимых при снеготаянии

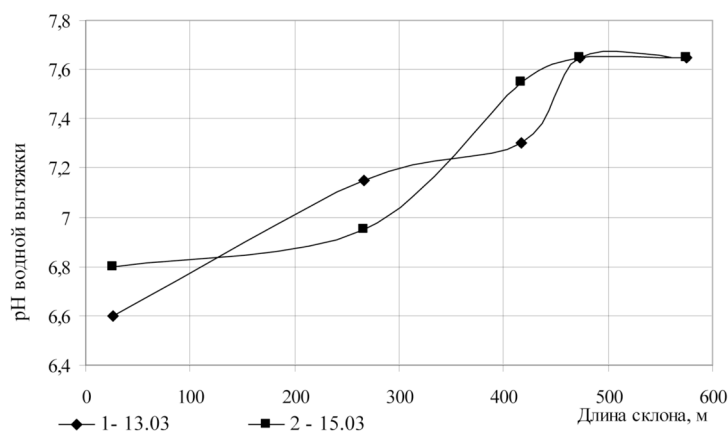


Рис. 3. Изменение рН водной вытяжки 0-3 см слоя почвы с изменением длины склона в период снеготаяния 13 и 15 марта 2003 г.

Литература

1. Соколова Т.А., Дронова Т.А., Артюхов Д.Б. и др. Пространственное и временное варьирование величин рН в подзолистых почвах центрально-лесного биосферного заповедника. // Почвоведение. 1997. №11. С.1339-1348.
2. Саакян В.Г., Горшкова Е.И. Оценка кислотности почв Нечерноземья по данным полевых и лабораторных измерений.// Почвоведение. 1986. №9. С.35-43.
3. Гончар-Зайкин П.П. К методике определения кислотности почв при её влажности наблюдаемой в полевых условиях.// Научно-технический бюллетень по физике. 1974. №19. С.26-31.
4. Воронков П.П. Закономерности процесса формирования и зональность химического состава вод местного стока. // Труды ГГИ. Вып. 102. 1963. С.43-119.

УДК 550.4

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ДЕГРАДАЦИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЗЕМЕЛЬ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

С.А. Бузмаков

ПГНИУ, Пермь, e-mail: lep@psu.ru

Изменения почв зависят, прежде всего, от параметров источников техногенного загрязнения, фоновой антропогенной нагрузки, естественной способности почв к самоочищению [1]. В отличие от воздушной и водной среды, обладающих высокой способностью к рассеиванию поллютантов, в почвенном покрове миграция веществ идет медленнее и часто он является субстратом, в котором происходит депонирование.

Известно, что в процессе создания нефтепромысла и нефтедобычи на почву воздействуют следующие факторы: механогенез, битумизация, засоление, загрязнение продуктами сгорания газов. Техногенные факторы определяют изменения почвенного покрова, которые выражаются в загрязнении и деградации земель. Выпадение окислов серы, азота из атмосферных выбросов может существенно изменять химические свойства почвы, подкисляя реакцию среды [1, 2].

Выявление деградированных и загрязненных земель [3] при сплошном обследовании территории Шагиртско-Гожанского месторождения показало аномальное содержание нефтепродуктов, бенз(а)пирена, токсичных солей. Загрязнение приурочено к местам концентрации нефтедобывающих объектов, к наиболее

крупным нефтепромышленным площадным объектам. Опасность загрязнения возрастает от куста скважин к дожимным насосным станциям (ДНС) и еще более к установкам первичной подготовки нефти (УППН). Природно-техногенные процессы изменения почвенного покрова биотопов наиболее развиты около территории УППН.

На территории УППН «Оса», «Баклановка», «Константиновка» наибольшее распространение получили дерново-среднеподзолистые почвы, дерново-глеватые, присутствуют также смытые намытые почвы оврагов, балок, пойм мелких рек. Территория УППН «Павловка», «Деменево», «Куеда», «Гожан», входит в состав зоны дерново-подзолистых почв.

Обследование территории УППН «Оса» выявило 2 ареала загрязнения. Первое на северо-западе от УППН. Одна из проб этого ареала (луг) даже соответствует пятому уровню загрязнения нефтью и нефтепродуктами, при котором земли подлежат консервации (19,4 г/кг). Высокое содержание нефтепродуктов отмечено в пробе, взятой на севере, а так же на лугах, 2,18 г/кг. На остальной территории уровень содержания нефтепродуктов не влияет на производство и качество сельскохозяйственной продукции. Повышенное спорадическое загрязнение, очевидно, связано с аварийными ситуациями на нефтепромышленном оборудовании.

На территории УППН «Баклановка» наибольшее распространение получили дерново-среднеподзолистые тяжелосуглинистые почвы. В пойменных почвах отмечены засоление и следы засоления (хлоридов до 0,8%), что связано с утечками промышленных вод. Повышенное количество нефтепродуктов отмечено в пойме р.Кулешовка (до 2.11 г/кг). Здесь аккумулируется техногенная органика. Уровень содержания 3,4-бензпирена в почвах изменяется от 0.9 до 4.6 нг/г. По санитарно-гигиеническим нормативам такое содержание данного поллютанта безопасно.

В районе расположения УППН «Константиновка» в пойменных почвах есть следы хлоридного загрязнения. Загрязнение нефтепродуктами около УППН приурочено к пониженным формам рельефа. Это обусловлено аварийными утечками и миграцией нефтепродуктов. Содержание нефтепродуктов на равнинной части не превышает экологических нормативов. Технологические загрязнения атмосферы не приводят к отрицательным результатам. Уровень 3,4-бензпирена обычно составляет 0.9-4.5 нг/г. Однако южнее УППН загрязненные нефтепродуктами аллювиальные почвы в овраге, содержат до 1109 нг/г поллютанта (более чем в 50 раз выше ПДК).

Территории вокруг УППН в Пермском крае различаются по содержанию нефтепродуктов и бенз(а)пирена в почвах. По этим показателям можно разделить окружающие УППН почвы. Относительно благоприятная ситуация сложилась около УППН «Оса», «Баклановка», «Кокуй», «Павловка». Повышенным содержанием углеводов отличаются, прежде всего, «Константиновка», «Деменево», «Куеда», «Гожан».

Необходимо отметить, что около мест размещения УППН формируются природно-техногенные экосистемы аккумуляционного типа, предназначенные для регуляции миграции и трансформации визуально определяемых поллютантов.

Эксплуатация месторождений нефти приводит к формированию природно-техногенных биотопов, в которых происходит концентрация нефтепродуктов и бенз(а)пирена.

Литература

1. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: МГУ. 1988. 328с.
2. Солнцева Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. М.: МГУ. 1998. 376с.
3. Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель// Сб. нормативных актов «Охрана почв». М.: РЭФИА.1996. С.177-196.

УДК: 631.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТОКСИЧНЫМИ ОРГАНИЧЕСКИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

Г.К. Васильева, Е.Р. Стрижакова, В.С. Яценко, Е.А. Бочарникова

*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН. Г. Пушкино Московской обл.,
e-mail: gkvasilyeva@issp.psn.ru*

В современном мире под действием все возрастающего потока загрязнителей, поступающих в окружающую среду, происходит изменение биогеохимической структуры экосистем. Почва является одним из важнейших природных барьеров, снижающих отрицательные последствия антропогенного загрязнения, так как она обладает способностью поглощать токсичные соединения органической природы и превращать их в безвредные продукты жизнедеятельности почвенной биоты. Однако при избыточных нагрузках токсичных соединений способность почвы к самоочищению снижается. В результате происходит накопление загрязнителей в концентрациях, превышающих допустимый уровень, а также их проникновение в сопредельные среды: атмосферу, природные воды, флору и фауну.

Наиболее перспективной технологией очистки почвенных систем является биоремедиация. Уже накоплены сотни или тысячи штаммов и смешанных культур микроорганизмов, способных утилизировать или трансформировать в нетоксичные продукты даже самые персистентные и токсичные загрязнители. Выявлены сотни растений, пригодных для фиторемедиации почв. Однако этот потенциал используется еще не полностью из-за высокой токсичности загрязненных почв.

Одним из способов повышения защитных свойств почвы является использование природных сорбентов, таких как глины, цеолиты, диатомиты, перегной, торф и его производные, продукты переработки древесины

и других органических материалов. Особое место занимают активированные угли (АУ), обладающие высокой удельной поверхностью и микропористой структурой, а следовательно повышенной сорбционной способностью по отношению ко многим неорганическим, и в особенности к органическим загрязнителям. В настоящее время имеются способы получения АУ с заданными свойствами. АУ используют также для создания водонепроницаемых барьеров, ограничивающих миграцию загрязнителей из загрязненного участка, а также для снижения последствий гербицидов на чувствительные культуры, используемые в севообороте.

В результате многолетних исследований, начатых еще в 1990-х годах, нами был разработан сорбционно-биологический метод очистки почв, который позволил существенно расширить возможности метода биоремедиации [1-4]. В докладе будут рассмотрены теоретические и практические аспекты этого метода.

Объекты и методы. Исследования проводились на разных типах почв, отобранных из различных регионов России (серая лесная, аллювиальная луговая, лугово-черноземовидная, чернозем, торфянистая), а также на почвах США (Небраска). Изучалась возможность применения сорбционной биоремедиации для почв, загрязненных разными классами загрязнителей: от синтетических (хлорфенолы, хлоранилины и их производные гербициды, взрывчатое вещество 2,4,6-тринитротолуол - ТНТ, полихлорированные бифенилы - ПХБ) до природных (нефть и нефтепродукты, в частности дизельное топливо -ДТ и отработанное моторное масло - ОММ). Изучали действие разных форм АУ (порошковый и гранулированный) и его марок: Агросорб (г. Электросталь), ГАУ ВСК (г. Дзержинск), DARCO (США) и др. Действие АУ сравнивали с действием других сорбентов (цеолит, вермикулит, диатомит и сорбент «Натурсорб-Спилсорб» (Канада), получаемый путем термической обработки сфагнового мха). В экспериментах использовали ряд бактериальных штаммов родов *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Paracoccus*, *Aquaspirillum*, *Rhodococcus*, способных утилизировать хлорфенолы, хлоранилины, углеводороды нефти.

Использовали различные химические методы анализа почвы для определения содержания органических загрязнителей и их метаболитов. При этом проводили фракционированный анализ почвы для отдельного определения 3-х фракций: Ф1 – легкодоступной, Ф2 - потенциально доступной и Ф3 - связанной. Фракцию Ф1 извлекали водой или 0,1 М раствором CaCl_2 . Фракцию Ф2 - экстрагировали органическими растворителями с помощью обычных сертифицированных методов. После этого в почве, как правило, всегда остается некоторое количество не извлекаемого обычными методами (связанного) загрязнителя, содержание которого не лимитируется из-за очень низкой биодоступности. Содержание Ф3 в проэкстрагированных образцах оценивали разными методами, подробно описанными ранее. Степень минерализации загрязнителя оценивалась по выделению $^{14}\text{CO}_2$ или по дехлорированию.

Помимо аналитических методов использовали также интегральные методы оценки токсичности почвы: с помощью фитотестов (всхожесть и рост растений) и биотестов на гидробионтах (смертность и размножение дафний и водорослей). Определяли также численность разных групп микроорганизмов методом посева на агаризованные среды соответствующего состава.

Результаты и обсуждение. Результаты исследований показали, что процессы самоочищения почв, а также влияние на них сорбентов сильно зависят от свойств загрязнителя и его способности к микробному разложению. Исследованные загрязнители можно разделить на 3 группы: Д – деградируемые, которые могут быть использованы микроорганизмами в качестве единственных ростовых субстратов (углеводороды нефти, моно- и дихлорфенолы, моно- и дихлоранилины), Т – способные в присутствии других ростовых субстратов трансформироваться в лабильные продукты (ТНТ) и СОЗ – высокостойкие органические загрязнители, которые подвергаются микробному разложению очень медленно (ПХБ с числом атомов хлора в молекуле >3).

Показано, что почвы, сильно загрязненные органическими поллютантами (обычно $>1000-5000$ мг/кг в зависимости от вещества), обладают высокой фито- и биотоксичностью. Токсическое действие оказывают сами загрязнители и/или их метаболиты (продукты неполного окисления), а также сопутствующие загрязнители, присутствующие в легкодоступной фракции в концентрациях, превышающих пороговый уровень токсичности. В таких условиях оптимизация различных факторов жизнедеятельности микроорганизмов-деструкторов, так же как и внесение биопрепаратов становится неэффективным. Внесение оптимальной дозы и формы АУ или других сорбентов приводит к снижению концентрации токсичных компонентов за счет их сорбции и перераспределения из фракции Ф1 в Ф2. Это создает благоприятные условия для жизнедеятельности микроорганизмов-деструкторов. В случае деградируемых загрязнителей группы Д микробы практически полностью утилизируют сначала соединения, находящиеся в первой фракции, а затем – во второй. ТНТ, относящийся к соединениям группы Т, превращался под действием микроорганизмов в высокореакционные производные (соответствующие гидросиламины), которые образовывали связанные полимерные продукты. Детоксикация почв, загрязненных СОЗ (ПХБ), протекает по третьему механизму. Разложение ПХБ в исторически загрязненных почвах, содержащих до $1000-4000$ мг ПХБ/кг, протекало медленно ($<20-30\%$ за 7 лет) и преимущественно за счет разложения низко хлорированных конгенов. Тем не менее, внесение АУ в почву приводит к резкому снижению токсичности почв за счет снижения подвижности ПХБ в результате обратимой и необратимой сорбции. Важно то, что сорбированные АУ молекулы ПХБ продолжают постепенно разлагаться под действием микроорганизмов-деструкторов, а также в результате каталитического дехлорирования высокохлорированных конгенов под действием АУ.

Разработанный метод отличается универсальностью и применим для разных типов почв, умеренно или сильно загрязненных разнообразными органическими химикатами природного или антропогенного происхождения, как в естественных условиях прямо на загрязненном участке, так и на специально отведенных площадках. Широкое использование сертифицированных природных сорбентов значительно расширяет возможности биологической очистки по отношению к сильнозагрязненным почвам, а также к

почвам, загрязненным разнообразными индивидуальными и смешанными загрязнителями, как известной, так и неизвестной природы. При этом сохраняется или даже улучшается структура почвы и ее агрохимические свойства, что обеспечивает хорошие условия для роста растений и развития почвенной биоты, способствуя тем самым еще более глубокой очистке почвы. Стоимость такой очистки почвы в 5-10 раз ниже по сравнению с широко используемым термическим методом.

Литература

1. Васильева Г.К., Суровцева Э.Г., Белоусов В.В. Разработка микробиологического способа для очистки почвы от загрязнения пропанидом и 3,4-дихлоранилином // Микробиология. 1994. 63(1): 129-144.
2. Васильева Г.К., Стрижакова Е.Р. Использование активированного угля для биоремедиации почв и седиментов // Вестник РФФИ. 2008, 4: 37-63.
3. Vasilyeva G.K., Kreslavski V.D., Shea. P.J., Oh B-T. 2001. Potential of activated carbon to decrease 2,4,6-trinitrotoluene toxicity and accelerate soil decontamination // Env. Toxic. Chem. 2001. 20(5): 965-971.
4. Vasilyeva G.K., Strijakova E.R., Nikolaeva S.N., Lebedev A.T., Shea P.J. Dynamics of PCB removal and detoxification in historically contaminated soils amended with activated carbon // Env. Pollut. 2010. 158(3): 770-777.

УДК 911.52(571.53)

ТАЕЖНЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ ПРИЛЕНСКОГО ПЛАТО И ИХ ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Н.В. Власова

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, e-mail: vlasova@irigs.irk.ru

Район исследования расположен на юге Средней Сибири на границе Тунгусской и Ангаро-Ленской провинции. Приленское плато характеризуется спокойным рельефом, вершины водоразделов имеют выпуклую форму с абсолютными высотами - 400-600 м. На территории широко распространены ордовикские отложения с песчаниками, аргиллитами, мергелями, алевролитами, а также алевролитами с прослоями органогенных известняков и песчаников. Климат района резко континентальный, колебания среднегодовых температур от -4 до -7 °С. Широкого распространения многолетнемерзлых пород не наблюдается. Мерзлота имеет характер островного распространения, иногда массивно-островного. В основном мерзлые толщи характерны для заторфованных долин и склонов водоразделов. Мощность многолетнемерзлых пород достигает 30-90 м, глубина сезонного промерзания - 2-2,5 м [1].

Территория исследования ограничена междуречьем рек Яракта и Гульмок, которые являются левыми притоками Нижней Тунгуски, значительное количество точек находится за пределами данной территории. Положение площадок на стыке подзон южной и средней тайги имеет свои индивидуальные особенности. С одной стороны здесь наблюдается широтная климатическая дифференциация геосистем, с другой – накладывают свой отпечаток вариации увлажнения, обусловленные орографическими рубежами или влиянием близлежащих территорий. На разнообразии ландшафтов накладывают отпечаток их приуроченность к определенным формам рельефа, которые определяют специфику мезо- и микроклимата. Основное распространение по данной территории имеют равнинно-плоскогорные среднесибирские ландшафты [2]. По динамическому состоянию основные площади относятся к мнимокоренным среднетаежным геосистемам. Это преимущественно лиственничные леса с примесью сосны и кедра кустарничково-зеленомошные, в долинах широко представлены ельники травянисто-моховые.

Наряду с общими фациальными и провинциальными особенностями, почвенный покров, характеризуется сочетанием типичных таежных процессов почвообразования - слабого накопления органического вещества из-за низкой интенсивности биологического круговорота, сочетающегося со склоновыми процессами. Одним из основных факторов дифференциации почвенного покрова и характера почвообразования является разнообразие подстилающих пород, обусловленное неоднородностью геологического строения изучаемой территории. Горные породы характеризуются большим разнообразием состава и свойств, поэтому продукты их выветривания заметно различаются по почвообразующей роли. Особенно сильно разнятся в этом плане кислые и основные породы. Подзолы - иллювиально-гумусовые и иллювиально-железистые занимают наиболее высокие элювиальные и трансэлювиальные местоположения наряду с дерновыми лесными литогенными почвами, здесь же встречаются и другие представители почвенного покрова таежной зоны. На склонах сформировались сложные комбинации почвенного покрова, в которые входят зональные почвы - бурые лесные грубогумусные, мерзлотно-таежные, подзолы, глееподзолистые, торфянисто-подзолистые, дерново-подзолистые, дерновые лесные литогенные и интразональные дерново-карбонатные обычные и выщелоченные, формирующиеся на преобладающих здесь карбонатных отложениях. В зависимости от местных особенностей рельефа, характера дренирования и растительного покрова на конкретных участках района исследований почвенный покров представлен различными комбинациями этих почв. Трансаккумулятивные, трансупераквальные, супераквальные и гидроаккумулятивные местоположения в долинах рек и ручьев занимают сложные структуры почвенного покрова, в которые входят аллювиальные дерновые, дерново-луговые, луговые, лугово-болотные и болотные почвы.

С учетом физико-географических характеристик территории и местоположения, ее вещественной дифференциации объект исследования находится на стыке Нижнетунгусско-Приленского и Нижнетунгусско-

Непского округов кальциево-углекислым ландшафтно-геохимическим барьером [1]. Территория умеренно теплая, умеренно-влажная и среднепродуктивная с ландшафтами, относящимися к геохимическим классам: кислому [H⁺], кислому глеевому [H⁺ -Fe²⁺] и переходному от кислого к кальциевому [H⁺ -Ca²⁺ -CO₃²⁻].

Наиболее широко распространенные почвы – бурые лесные грубогумусные, дерновые лесные кислые и аллювиальные дерново-луговые имеют характерные для данного района показатели кислотности среды (рН от 5,3 до 6,2) и содержание в почвах гумуса. Таежные геосистемы характеризуются небольшой скоростью разложения органических остатков, образующих грубую лесную подстилку из-за чего обогащение верхнего горизонта гумусом происходит медленно (не выше 6,4%). Сочетание положения площадок исследования и климатических характеристик способствует возникновению условий образования дернового горизонта с высоким содержанием органического вещества разной степени разложения, при этом показатели С орг. резко возрастают от 10,1% до 38,1%, ниже по почвенным профилям показатели резко падают от 3,8 до 1,1% (табл.). Распределение микроэлементов внутри почвенных профилей, независимо от почвы, имеет некоторые закономерности: никель наиболее активно концентрируется в средней части, медь, кобальт, стронций – в иллювиальных горизонтах. Несмотря на это, наиболее высокие показатели содержания тяжелых металлов отмечаются в бурых лесных грубогумусных почвах изучаемой территории.

Таблица 1

Геохимические показатели изученных почв

Показатели	Почвы		
	Бурая лесная грубогумусная	Дерновая лесная кислая	Аллювиальная дерново-лугово-слоистая
Гумус, % (в Ad)	6,4-31,9	10,1-10,3	25,6 - 38,1
рН _{водн}	5,3-6,2	5,8-6,2	5,6 - 5,8
Барий, мг/кг	195-835	325 - 345	425 - 427
Хром, мг/кг	69 - 86	52-82	61 - 63
Стронций, мг/кг	69-132	72-102	88 - 89
Никель, мг/кг	31,3-94,6	18,8-46	23,8 - 32,4
Кобальт, мг/кг	6,18-8,55	5,24-9,02	5,34 - 7,19
Ванадий, мг/кг	100-119	80-120	95 - 97
Медь, мг/кг	8,70-13,79	5,72-18,38	20,42 - 27,10
Свинец, мг/кг	7,26-14,77	5,85-8,90	11,71 - 12,43

В естественных условиях, на территории Приленского плато, широко развиты мнимокоренные среднетаежные геосистемы в сочетании с южнотаежными. Широко распространены зональные типы почв с высоким содержанием органического вещества в верхнем почвенном горизонте. Из представленных почвенных разновидностей наиболее высокие концентрации тяжелых металлов характерны для бурых лесных почв.

Литература

1. Атлас Иркутской области. Экологические условия развития. – М.: Иркутск, 2004. – 92 с.
2. Ландшафты юга Восточной Сибири. Карта. М-б 1:1 500 00 / авт.-сост.: В.С. Михеев, В.А. Ряшин / под общей ред. акад. В.Б. Сочавы. – М.: ГУГК, 1977. – 4 л.

УДК 631.47

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ОПАСНОСТИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ

Ю.Н. Водяницкий

Факультет почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: yu.vodyan@mail.ru

Перед исследователем неизбежно встает вопрос об изучении наиболее опасных поллютантов. Существует всего 57 тяжелых металлов и металлоидов, степень их опасности по разным источникам сильно варьирует. Необходимо критически обсудить представления об опасности всех тяжелых металлов и металлоидов в почвах и обновить список наиболее опасных.

В Программе глобального мониторинга, принятой в ООН в 1973 г., фигурировали всего три тяжелых металла: Pb, Cd и Hg. Позже в докладе исполнительного директора Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) к наиболее опасным были добавлены семь тяжелых металлов: Cu, Sn, V, Cr, Mo, Co, Ni и три металлоида: Sb, As и Se. Данные рекомендации до сих пор служат основой для мониторинга тяжелых элементов в почве. Министерство природных ресурсов и экологии РФ контролирует валовое содержание в почвах девяти тяжелых металлов. Для одних металлов установлены ПДК (V, Mn, Pb), для других – ОДК (Cd, Cu, Ni, Zn), для третьих, у которых нормативов нет (Co, Cr), степень загрязнения почвы оценивается по эмпирическому критерию: по превышению 4 фоновых значений.

Согласно Российскому санитарно-гигиеническому ГОСТу 17.4.102-83, к высоко опасным относятся As, Cd, Hg, Se, Pb, Zn, к умеренно опасным – Ni, Mo, Cu, Sb [1]. Позднее особое внимание было уделено шести тяжелым элементам, для которых разработаны критерии ОДК: Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, As (цит. по [2]).

Отметим важный недостаток ПДК и ОДК: для оценки загрязнения почв используют фиксированные значения концентраций тяжелых металлов и металлоидов (цит. по [2]), не разделяя их природные и техногенные

доли. Это приводит к завышению опасности загрязнения на территории положительной геохимической аномалии и к занижению опасности на площади отрицательно природной аномалии. Фиксированные значения нормативов не учитывают также природно-климатические и геохимические особенности регионов.

Предпосылки к более правильному подходу были созданы еще в 1987 г., когда Минздрав СССР утвердил СанПиН 42-128-4433-87 для нескольких тяжелых металлов, используя «гибкие» ПДК и применяя уравнение: $ПДК = \text{Фон} + ПДД$, где ПДД – предельно допустимая добавка тяжелого металла как поллютанта (цит. по [3]). Величина ПДД характеризует степень опасности данного тяжелого металла. Этот принцип выражения ПДК, основанный на различии переменной природной и техногенной допустимой доли металлов и металлоидов, позволяет определить локальное значение ПДК и устранить недостатки нормативов, связанные с применением фиксированных чисел. Несколько позднее в 1989 г. тот же принцип был изложен в Методических указаниях [4].

Гибкий подход к нормированию получил позже развитие в Нидерландах [5], где новые значения ПДД получены в результате многочисленных и разнообразных экотоксикологических исследований: проведена большая работа по установлению значений ПДД для 17 тяжелых металлов и металлоидов. Исследовали влияние водных вытяжек из почв, загрязненных данными элементами, на разные типы организмов (не менее 4-х): растений, а также бактерий и других микроорганизмов. Таким образом учитывали токсическое влияние на почвенную биоту, а не прямое влияние тяжелых металлов и металлоидов на здоровье человека при вдыхании пыли и потреблении питьевой воды. После этого была проведена «гармонизация» полученных величин ПДД [5]. Полученные значения ПДД металлов и металлоидов отражают степень опасности химических элементов в почвах по отношению к биоте. К сожалению, приведенный в таблице набор из 17 элементов недостаточно широк, учитывая, что всего имеется 57 тяжелых элементов. Таким образом, чрезвычайно полезные исследования ПДД должны быть распространены на другие тяжелые металлы и металлоиды в почвах.

В отечественном ГОСТе 17.4.102-83 химические элементы делятся по классу опасности на основе санитарно-гигиенического принципа. Поскольку человек контактирует с почвой обычно опосредованно, через сельскохозяйственную продукцию, то более правильно оценивать опасность тяжелых металлов и металлоидов в почве на основе экотоксикологического принципа, сравнивая действие разных тяжелых элементов на биоту и растения. Именно такой подход применяли нидерландские экологи.

Элементы с низким ПДД являются опасными, а с высокими – нет. Величины нидерландских ПДД металлов и металлоидов варьируют очень широко: от 0.11 мг/кг для селена Se (максимально токсичный тяжелый элемент) до 253 мг/кг для Мо (минимально токсичный элемент). Широкое варьирование отражает различие в степени опасности элементов в почве. При разделении элементов по опасности на основе ПДД примем, что к 1 чрезвычайно опасному классу относятся элементы с $ПДД < 1$, к 2 умеренному классу – элементы с $1 < ПДД < 10$, к 3 низкому классу опасности – элементы с $ПДД > 10$.

Таблица 1

Опасность тяжелых металлов и металлоидов в почвах по данным Российского ГОСТа [1] и нидерландских экологов [5]. Значения ПДД в мг/кг для российских нормативов приведены по [3, 4], а нидерландских экологов – по [5]

Класс опасности	Россия	Нидерланды
1. Высоко опасные	As(2), Cd, Hg, Se, Pb(20), Zn(50)	Se (0.11), Tl (0.25), Sb (0.53), Cd (0.76)
2. Умеренно опасные	Co(35), Ni(45), Mo, Cu(35), Sb	V (1.1), Hg (1.9), Ni (2.6), Cu (3.5), Cr(3.8), As (4.5), Ba (9.0)
3. Мало опасные	Ba, V, W, Mn, Sr	Zn (16), Co (24), Sn (34), Ce (44), Pb(55), Mo (253)

Таким образом, по степени опасности тяжелые металлы и металлоиды в почвах образуют ряд: $Se > Tl > Sb > Cd > Hg > Ni > Cu > Cr > As > Ba$. Этот ряд сильно отличается от ряда опасности тяжелых элементов, зафиксированного ГОСТом 17.4.1.02-83. Оказалось, что в почвах опасность Pb, Zn, Co преувеличена, а опасность V, Sb, Ba недооценена. В список опасных элементов в почве должны быть включены Tl и Cr. Для высоко опасного таллия в России нет ПДК/ОДК.

Содержание в загрязненных почвах тяжелых металлов изучено очень неравномерно: лучше изучены 11 из них: Cu, Zn, Pb, Ni, Cd, Cr, As, Mn, Co, Hg, Se; остальные 46 изучены гораздо хуже, хотя среди них имеются опасные: Ba, V, Tl. В России сведений об этих элементах в почвах совершенно недостаточно, одна из причин – недостаток приборов для дешевого и экспрессного определения таких элементов, как V, Sb, Tl, Cr. Очень важно изучить формы соединений особо опасных металлов и металлоидов в почвах и в составе поллютантов, применяемые сейчас методы химического фракционирования часто дают неполную и даже ошибочную информацию. Альтернативные методы неразрушающего анализа на базе синхротронного рентгеновского анализа [6] до сих пор в России практически не применяют. На этих проблемах следует сконцентрировать внимание почвоведов-экологов.

Литература

1. ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. М.: 1983. 12 с.
2. Большаков В.А., Белобров В.П., Шишов Л.Л. Словник. Термины, их краткое определение, справочные материалы по почвенной экологии, географии и классификации почв. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2004. 138 с.

3. Хомяков Д.М. К вопросу об оценке уровня загрязнения и состояния городских почв // Современные проблемы загрязнения почв. III Межд. Конф. М.: 2010. С. 53-57.
4. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. ЦИНАО. М.: 1989. 58 с.
5. Crommentuijn T., Polder M.D., Van de Plassche E.J. Maximum Permissible Concentrations and Negligible Concentrations for metals, taking background concentrations into account //RIVM Report 601501001. Bilthoven, Netherlands. 1997. 260 p.
6. Manceau A., Marcus M.A., Tamura N. Quantative speciation of heavy metals in soils and sediments by synchrotron X-ray techniques // Applications of Synchrotron Radiation in Low-Temperature Geochemistry and Environmental Science. Reviews in Mineralogy and Geochemistry. Washington, DC. 2002. V. 49. P. 341-428.

УДК 550.4:551.3

ОЦЕНКА СОСТАВА ПОЧВ ПО ДАННЫМ ОПРОБОВАНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОДОТОКОВ

С.А. Воробьев

МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, e-mail: VSA46@mail.ru

Состав донных отложений рек и ручьев наследует состав почв берегов, т.к. формируется в результате смешивания рыхлых образований, слагающих верхнюю кромку земной поверхности, снесенными метеорными водами в русла водотоков. Поэтому данные о составе аллювия позволяет оперативно оценивать состав почвенного покрова в пределах бассейнов водосбора водотоков. Одним из способов решения этой задачи является установление величин коэффициентов, характеризующих соотношение между содержаниями химических элементов в почве и речным аллювием. Такой подход был реализован американскими геохимиками, для оценки состава почв на площади 35 тыс. км² в северной части штата Висконсин (США) [1]. Однако, как показали их исследования, даже в пределах одной природно-климатической зоны соотношения между содержаниями одноименных элементов в почве и донных отложениях весьма значительно варьируют по площади.

Количественные соотношения между составами почвы и, могут быть получены из модели, описывающей процесс формирования донных отложений. Уравнение баланса масс на произвольном участке русла в общем случае включает в себя три основных составляющих. Первая характеризует поступление элювиоделювиальных образований в русло водотока, вторая – перераспределение снесенного материала вдоль русла, третья – разрушение минеральных агрегатов и вынос частиц водным потоком.

Истирание минеральных частиц различного состава протекает с разной интенсивностью, что приводит к изменению исходных содержаний элементов в привнесенном материале. Минеральные частицы устойчивые к механическому истиранию (касситерит, циркон и др.) обогащают поток рассеяния, соответственно увеличивая содержания слагающих их элементов. И наоборот элементы, входящие в состав малоплотных и легко разрушаемых минеральных агрегатов, будут выноситься из донных осадков.

Полный вывод дифференциального уравнения, описывающего изменения содержания элемента в донных осадках с увеличением площади водосбора приведен в работе [2], конечное выражение имеет вид:

$$S \cdot \frac{dC_{ал}}{dS} = \alpha \cdot C_{пч} - (\alpha - \gamma) \cdot C_{ал} \quad (1)$$

где $C_{ал}$ – содержание элемента в донных отложениях, S – площадь водосбора; $C_{пч}$ – содержание элемента в почве; α – коэффициент аллювия; γ – кинетическая константа.

Коэффициент аллювия α характеризует соотношение удельных количеств рыхлого материала, поступающего с берегов водотока и перемещаемого водой по его руслу. С учетом зависимостей, связывающих расход аллювия с удельной плотностью минеральных частиц (ρ_m) и основной массы аллювия (ρ_o), и уклонов ложа русла (i_{sl}) и его бортов (i_r), коэффициент аллювия записывается формулой

$$\alpha_m = \theta \frac{\rho_m \cdot i_{sl}}{\rho_o \cdot i_r}$$

где θ – гидродинамический коэффициент.

Кинетическая константа γ является суммой констант, характеризующих отдельные составляющие процесса накопления – выноса вещества при его движении вдоль русла, выражается формулой [2]: $\gamma = \mu(v_o - v_m) + \vartheta(\rho_m / \rho_o - 1)$, где μ и ϑ – коэффициенты, характеризующие динамику транспорта частиц аллювия в водотоке, ρ_m и ρ_o – коэффициенты, характеризующие устойчивость к истиранию рассматриваемых минеральных частиц и основной массы аллювия.

Для элементов, входящих в состав тяжелых и механически устойчивых минералов, она кинетическая константа γ имеет положительный знак. Для элементов слагающих малоустойчивые минералы, которые активно изменяются в водном потоке и уносятся водой в виде взвеси, константа γ имеет отрицательный знак.

Решение уравнения (1) для произвольной функции $C_{пч} = f(S)$, описывающей изменение содержания элемента в почве вдоль русла водотока с увеличением площади водосбора, описывается зависимостью:

$$C_{ал} = \alpha \cdot S^{-\alpha+\gamma} \int_0^S f(S_i) \cdot S_i^{(\alpha-\gamma-1)} dS_i \quad (2)$$

где S_o – площадь водосбора, соответствующая началу водотока.

Полученное решение позволяет установить соотношение между содержанием элемента в донных отложениях рек и ручьев и почвах на их берегах. В частности, если донные осадки формируются в пределах территории, где содержания элементов в почве постоянны на всем протяжении русла (область нормального геохимического фона), то зависимость (2) приобретает вид:

$$C_{ал} = \frac{\alpha}{\alpha - \gamma} \left(1 - \left(\frac{S_o}{S_x} \right)^{\alpha - \gamma} \right) C_{пч} \quad (3)$$

Как следует из полученного выражения, с удалением от истока достаточно быстро ($S_x \approx (3 \div 4) * S_o$) устанавливается постоянное соотношение между содержанием элемента в почве и донных осадках:

$$C_{пч} = \left(1 - \frac{\gamma}{\alpha} \right) C_{ал} \quad (4)$$

Если донные осадки формируются в условиях интенсивного сноса рыхлого материала с берегов ($\square \gg \square$), то содержание элемента в аллювии равно его содержанию в почве. В противном случае параметры геохимического фона донных отложений и почвенного покрова будут различны.

Условию формирования донных отложений в области нормального геохимического фона соответствуют данные, полученные при изучении составов почв и донных осадков в северной части штата Висконсин (США) [1]. Средняя величина коэффициента аллювия для опробованных ими водотоков равна $\square = 5,1$. Установленные ими величины отношений между содержаниями элементов в донных отложениях рек и почвах в пределах бассейнов водосбора первого порядка позволяют, используя формулу (4) оценить величины кинетической константы \square для ряда элементов (табл.1).

Таблица 1

Отношения содержаний элементов в донных отложениях и почвах на территории СЗ части штата Висконсин (США) [1] и величины кинетической константы

Элемент	Ti	Zn	K	Ba	Cu	Pb
$C_{ал} / C_{пч}$	4,64	1,36	1,24	1,12	1,13	0,83
\square	0,71	0,07	0,05	0,02	0,03	-0,03

Как видно из приведенных данных, абсолютные значения кинетической константы, составляют первые проценты от величины коэффициента аллювия \square . Для территории северо-западной части штата Висконсин (США) ведущим фактором, определяющим соотношение содержаний элементов в донных осадках водотоков и почвах на их берегах, является рельеф.

В тех случаях, когда в пределах бассейна водосбора имеются геохимические аномалии, взаимосвязь между количествами элементов в почве в пределах аномального контура и донных осадках водотока, выражается зависимостью [2]:

$$P_{ал} = \frac{\alpha}{\alpha - \gamma - 1} P_{пч} \quad (5)$$

где $P_{ал}$ и $P_{пч}$ - надфоновое количество элемента в донных отложениях и почвенном покрове, соответственно. Величина $P_{ал}$ равна произведению среднего содержания элемента в аллювии в пределах бассейна водосбора на его площадь. Из приведенной формулы следует при больших значениях коэффициента аллювия количества элементов в донных осадках русла и в почве на его бортах в пределах бассейна водосбора равны.

Выражение (5) было использовано для характеристики интенсивности процесса накопления-выноса радиоактивных элементов (^{137}Cs , U, Th, K) на территории южной части Московской области, в бассейне водосбора р.Ока. Фактической основой служили данные аэро-гамма-спектрометрической съёмки ФГУНПП «Аэрогеофизика». На рис. 1 показана трехмерная проекция рельефа этой части Московской области и изменение количеств ^{137}Cs , в донных отложениях и почве в пределах бассейна водосбора вдоль русла реки.

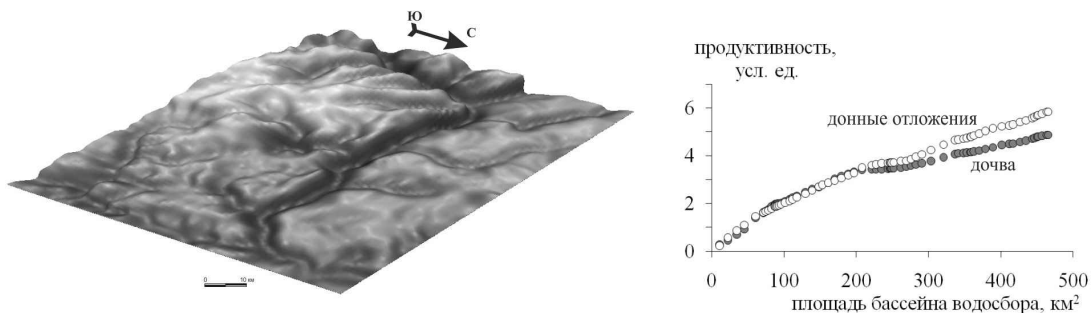


Рис.2.Проекция рельефа бассейна водосбора р. Ока и изменение количеств ^{137}Cs , в донных отложениях и почве в пределах бассейна водосбора вдоль русла реки.

Средняя величина коэффициента аллювия для этой части района московской области составляет $\square = 2,1$. Полученные данные позволяют оценить величины кинетической константы для радиоактивных элементов (табл.2)

Таблица 2

Соотношение количеств радиоактивных элементов в донных отложениях и почвах на берегах р.Ока в средней и нижней частях ее бассейна водосбора

Элемент	¹³⁷ Cs	U	K	Th
$P_{\text{дн}}/P_{\text{поч}}$	1,33	0,89	0,85	0,75
\ln	-0,47	-1,25	-1,27	-1,7

Малая абсолютная величина кинетической константы ¹³⁷Cs позволяет предполагать, его относительное накопление в донных осадках рек южной части Московской, куда он был привнесен после Чернобыльской аварии.

Литература

1. Cannon W., Woodruff L.G., Pimley S. Some statistical relationships between stream sediment and soil geochemistry in northwestern Wisconsin - can stream sediment compositions be used to predict compositions of soils in glaciated terranes ? Journal of Geochemical Exploration. 81 (2004). p. 29–46.
2. Воробьев С.А. Процессы формирования аномальных геохимических полей в зоне гипергенеза. Разведка и охрана недр. 2009. №5. С.19-22.

УДК 504.064.36:539.16/17(470.1/25)

**ОБ ЭКОЛОГО-РАДИОХИМИЧЕСКОМ РАЙОНИРОВАНИИ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ
ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ**

Т.А. Воробьева, А.В.Евсеев

МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, e-mail: tvorobyova@yandex.ru

На северных территориях России расположены многочисленные источники поступления искусственных радионуклидов, что создает потенциальный риск для здоровья населения и состояния геосистем. Это определяет необходимость изучения миграции и аккумуляции искусственных радионуклидов в компонентах природной среды, причем не только в непосредственной близости от радиационных объектов, но и на региональном уровне. Проведение эколого-радиохимического районирования обширных северных территорий позволит выделить районы с различными условиями распределения искусственных радионуклидов. Методика проведения районирования основана на учении о речных бассейнах и представлениях о геохимических аренах. Основным методом исследования выступает картографический, с помощью которого создается картографическая база данных в результате изучения биоклиматических, геологических, геоморфологических, почвенно-геохимических особенностей и различий в морфологическом строении водосборных бассейнов исследуемой территории.

Цель исследования состоит в создании мелкомасштабной карты эколого-радиохимического районирования на территории водосборных бассейнов Белого и Баренцева морей, которые располагаются в пределах Мурманской, Архангельской, Вологодской областей и республик Коми и Карельской. В качестве объектов для разработки и апробирования методики районирования были выбраны Мурманская и Архангельская области [1]. С одной стороны, оба объекта имеют много схожих черт: суровый климат с продолжительной зимой и коротким вегетационным периодом, повышенная увлажненность, сильная заболоченность, расположение в трех природных зонах (от тундры до средней тайги), малая биологическая продуктивность экосистем. Но есть и существенные отличия. Для Мурманской области характерна большая дифференциация ландшафтов, сложная геолого-тектоническая структура и геоморфологическая неоднородность. В Архангельской области наблюдается меньшее разнообразие ландшафтов, рельеф в основном представлен слабоволнистой равниной, хорошо развита речная и озерная сеть. Особенно важно, что в этих областях бассейновая структура имеет большие различия.

Эколого-радиохимическое районирование основывается на понятии «геохимические арены» – территории водосборных речных систем и озер, определяющих распределение загрязняющих веществ, мигрирующих в поверхностных водах внутри арены, и возможность выноса загрязнителей за пределы арены или аккумуляцию внутри нее.

Работы по районированию состояли из нескольких этапов. Каждый этап завершался составлением определенных карт, в результате чего была создана сопряженная серия карт, позволившая провести интегральный анализ и выделить эколого-радиохимические районы.

На первом этапе исследования анализировалась структура водосборных бассейнов рек и озер изучаемого региона. Согласно учению Ю.Г. Симонова о морфологическом строении речных бассейнов, вынос вещества из водосборных бассейнов зависит от соотношения уклонов, длин водотоков разного порядка, площади и сложности строения бассейна и других «геометрических» характеристик [2]. Существуют «транзитные» бассейны, в которых наблюдается определенное соответствие между приходом вещества со склонов, выше лежащих частей русла, и выносом вещества, а также бассейны-«сбрасыватели», в которых вещества из верхних звеньев приносятся меньше, чем выносятся, и бассейны-«накопители», где преобладают процессы аккумуляции вещества. Отметим, что в каждом бассейне есть отдельные участки: накопители, транзитные и сбрасыватели. Все бассейны стремятся к равновесному, «транзитному» состоянию; для них существуют определенные соотношения между количеством, длинами, площадями и уклонами водотоков разного порядка. Сравнив параметры изучаемых бассейнов с модальными значениями, можно их ранжировать по потенциальной способности к накоплению-выносу вещества. С этой целью изучалась структура бассейнов по

различным порядкам тальвегов по системе Стралера-Философова, с определением их длин, уклонов, площадей бассейнов, а точнее соотношение каждого из этих параметров в пределах речных бассейнов высокого порядка (Северная Двина, Онега и др. для Архангельской области, Поной, Тулома, и др. – Мурманской). Источником для такого анализа послужили топографические карты. В итоге была составлена карта водосборных бассейнов рек и озер, позволяющая передать особенности структуры водосборных бассейнов разного порядка.

Следующий этап заключался в выявлении степени активности миграции и аккумуляции искусственных радионуклидов. Для получения необходимой информации о геолого-геоморфологической структуре водосборных бассейнов проводился сопряженный анализ сложившихся типов и форм рельефа, расчлененности рельефа, абсолютных и относительных высот, особенностей подстилающих и коренных пород, крутизны и длины склонов, а также дифференциации ландшафтной структуры, заозеренности и заболоченности территории, проявления специфических для изучаемых регионов процессов (торфонакопление, карстовые процессы). Исходная информационная база включала геоморфологическую, геологическую, четвертичных отложений и ландшафтную карты. В итоге их синтеза составлена карта зон миграции и аккумуляции, отражающая дифференциацию территории на зоны с различными условиями и интенсивностью возможного проявления процессов перераспределения радионуклидов.

Большое значение отводилось анализу устойчивости почв к техногенному загрязнению, т.е. способности почв к восстановлению нормального функционирования после прекращения техногенного воздействия, которое проявляется через скорость самоочищения от продуктов техногенеза в результате выноса из почвенного профиля или их перевода в другое состояние. При этом учитывались способность к накоплению и интенсивность выноса искусственных радионуклидов из почвенных горизонтов, а также возможность их накопления на геохимических барьерах. В результате анализа карт почвенного покрова, четвертичных отложений, ландшафтно-геохимической составлена карта геохимической устойчивости почв к техногенному загрязнению, где на основе методики М.А. Глазовской [3] выделены группы почв, сходные по условиям геохимической устойчивости не только к тяжелым металлам, но и к радиационному воздействию.

Полученная на предыдущих этапах информация о структуре водосборных бассейнов, условиях миграции и аккумуляции вещества, геохимической устойчивости почв позволяет выделить на изучаемых территориях геохимические арены трех типов.

Открытые арены включают водосборные бассейны рек, характеризующиеся преобладанием процессов интенсивного выноса мигрирующих веществ за пределы их территории. Полузакрытые арены объединяют водосборные бассейны с преобладанием процессов замедленного транзита мигрирующих веществ и частичного осаждения их внутри арены. Закрытые арены включают водосборные бассейны рек и озер с преобладанием процессов осаждения из поверхностных вод мигрирующих веществ и их накопления внутри арены. В пределах этих арен находятся бассейны систем озер, водохранилищ и рек, впадающих в них, а также бассейны рек, не имеющих непосредственного выхода к морю.

Внутри каждой арены проведена дифференциация бассейнов по различной степени интенсивности возможного проявления процессов перераспределения радионуклидов, и выделены участки бассейнов с преимущественной аккумуляцией, участки с преобладанием аккумуляции при умеренной и слабой миграции, участки с преобладанием миграционных процессов при слабой и умеренной аккумуляции и участки с преимущественной миграцией.

Совместное рассмотрение карт водосборных бассейнов, условий миграции и аккумуляции вещества, геохимической устойчивости почв к техногенному воздействию и геохимических арен позволило провести эколого-радиохимическое районирование и составить карту, отражающую дифференциацию изучаемых территорий по особенностям распространения искусственных радионуклидов. Районы делятся на сбрасыватели, накопители и различные виды транзитных, в которых соответственно при попадании искусственных радионуклидов преимущественно происходит их вынос, накопление или наблюдается определенный баланс между приходом и выносом вещества. Особое внимание при планировании хозяйственной деятельности должно уделяться районам накопителям с потенциальной способностью к аккумуляции искусственных радионуклидов.

Созданная серия карт позволяет выявить закономерности распределения искусственных радионуклидов, попавших на поверхность земли, оценить пути их выноса с изучаемых территорий и спрогнозировать расположение районов наибольшего потенциального их накопления.

Литература

1. Борисенко Е.Н., Величкин В.И., Воробьева Т.А., Евсеев А.В., Мирошников А.Ю. Эколого-геохимическое районирование севера Европейской территории России // Доклады Академии наук, 2007, том 414, № 5. С. 1-3.
2. Симонов Ю.Г., Симонова Т.Ю. Речной бассейн и бассейновая организация географической оболочки // Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 14. Под ред. Р.С. Чалова. М.: Изд-во МГУ, 2003. В. 14. С. 7-32. Материалы годичной сессии. Вып. 3. М.: ГЕОС, 2001. С.281-284.
3. Глазовская М.А. Методические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям: методическое пособие. М.: Изд-во МГУ, 1997. 102 с.

ФУНКЦИИ, СОСТАВ И СВОЙСТВА ЛЕГКОРАЗЛАГАЕМОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ

Н.Ф. Ганжара, Б.А. Борисов, Е.В. Злобина

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, e-mail: pochvlab@gmail.com

Наиболее целесообразным подходом к выявлению генезиса и агрономической ценности органического вещества почв и его составляющих представляется разделение всех органических соединений почвы на две большие части: группу консервативных, устойчивых веществ и группу лабильных соединений. Подобного подхода придерживаются многие авторы [2].

Группа консервативных соединений объединяет те компоненты, которые формируются в течение длительного времени и сохраняются в вековых циклах. Прежде всего, это зрелые гумусовые кислоты прочно связанные с минеральной частью почвы. Они существуют в почвах сотни и тысячи лет, слабо вовлекаются в минерализацию и обуславливают устойчивые свойства почвы, присущие ей типовые признаки.

Группа лабильных (легкоразлагаемых) органических веществ (ЛОВ) включает органические остатки растительного и животного происхождения в разной степени разложения и гумификации. ЛОВ содержит детрит, неспецифические органические соединения, новообразованные гумусовые кислоты, непрочно связанные с минеральной частью почвы. Извлекается ЛОВ из почвы методом флотации в тяжёлых жидкостях в отличие от лабильных гумусовых веществ, которые выделяются различными экстрагентами и могут включать частично консервативные гумусовые соединения [1].

Скорость обновления лабильных органических веществ в почвах измеряется годами и десятками лет.

ЛОВ можно подразделить на внутрипочвенные и напочвенные. Типичным примером напочвенных ЛОВ являются лесные подстилки и степной войлок. Их состав и географические закономерности накопления изучены наиболее полно (Зонн С.В., Карпачевский Л.О., Богатырев Л.Г. и др.).

Скорость практически полного обновления ($T_{0,96}$) лесных подстилок также составляет единицы и десятки лет. Сведений же о составе и скорости обновления внутрипочвенного ЛОВ в разных типах почв крайне недостаточно.

Поскольку ЛОВ является наиболее динамичной составляющей органического вещества почв, оно принимает ведущее участие во многих планетарных функциях почв и биосферы: питании растений и почвенных животных, биологической активности почв, фиксации атмосферного азота, регулировании состава почвенного и атмосферного воздуха; формировании почвенной структуры и физических свойств.

Содержание ЛОВ в пахотном слое почв колеблется в довольно широких пределах - от 0,1% до 1,5-2% от массы почвы [1]. Причем для пахотных почв количество его практически не зависит от генетического типа почвы, а определяется характером использования пашни. Здесь имеет значение уровень агротехники, особенности возделываемых культур, система применения удобрений, в первую очередь органических.

Содержание азота в составе ЛОВ варьирует от 2,39 % до 3,90 %, а отношение C:N от 12,8 до 20,9.

В составе ЛОВ может содержаться 0,4-1,0 % фосфора, 0,5 - 1,2 % калия, а также повышенное количество кальция, магния, железа, ряда микроэлементов, имеющих важные биологические функции и определяющих сбалансированное питание растений.

При этом ежегодное высвобождение элементов из ЛОВ сопоставимо с выносом их урожаем. Содержание ЛОВ в почвах характеризуется отчетливо выраженной сезонной динамикой, связанной с процессами его разложения и поступления свежих органических веществ.

Важнейшей характеристикой ЛОВ является содержание в нем азота и величина отношения C : N, влияющая на скорость его разложения. Следует отметить, что основная часть почвенного азота поступает в растения из легкоразлагаемого органического вещества, что подтверждается высокой степенью корреляционной связи урожая с содержанием ЛОВ в условиях специальных опытов. Сопоставление урожая с содержанием ЛОВ и с возможным высвобождением азота позволило сделать заключение о том, что оптимальные значения содержания углерода ЛОВ для зерновых культур находятся в пределах 0,2-0,4% от массы почвы или 6-12 т/га в пахотном слое. При таком содержании ЛОВ с отношением C:N менее 25 урожай зерновых не лимитируется почвенным азотом.

В случае, если в составе ЛОВ отношение C:N более 25, необходимо вносить азот в виде минеральных удобрений для оптимизации этого отношения, так же как и при внесении соломы зерновых.

Показатели состояния органического вещества почв могут использоваться в качестве индикатора их выпаханности. Выпахивание - процесс, при котором происходит снижение уровня плодородия пахотных почв, ухудшение их агрономических свойств (снижение содержания гумуса, обезструктуривание, переуплотнение) в результате использования их при низком уровне поступления в почву источников гумуса - органических удобрений и послеуборочных остатков. Выпаханными могут стать как высококультурные, так и некультурные почвы, имеющие как высокое, так и низкое содержание гумуса. Выпаханность является начальной стадией деградации почвенного плодородия. Этот процесс - обратим, поскольку после оптимизации режима использования выпаханных почв их плодородие относительно быстро восстанавливается.

Для количественной оценки степени выпаханности почв нами предложено использовать показатель относительного содержания легкоразлагаемого органического вещества, выраженного в процентах к общему содержанию органического вещества в почвах. Для характеристики степени выпаханности почв предложена 25-балльная шкала. Согласно этой шкале к невыпаханным почвам относятся такие, в которых содержание ЛОВ составило 25% и более к содержанию общего органического вещества, что соответствует содержанию

ЛОВ в большинстве целинных почв и нулевому баллу степени выпаханности. При расчёте баллов степени выпаханности для почв, в которых относительное содержание ЛОВ в составе общего органического вещества менее 25%, вычитали это отношение из 25. Таким образом, чем выше балл, тем больше степень выпаханности почв.

Во всех рассмотренных зональных типах почв содержание $C_{\text{ЛОВ}}$ в варианте «пашня без органических удобрений» наиболее низкое - от 23 до 37% к его содержанию в почвах залежи.

Расчет степени выпаханности почв по отношению $C_{\text{ЛОВ}}$ к $C_{\text{общ}}$ показал, что степень выпаханности ряда зональных типов почв варианта «пашня без органических удобрений» составляла от 9,7 до 19,2 балла, т. е. эти почвы являлись выпаханными; варианта «залежь» - от 0,1 до 6,4 балла. В почвах с очень высокими дозами органических удобрений балл степени выпаханности равнялся нулю.

Литература

1. Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А. Гумусообразование и агрономическая оценка органического вещества почв.- М.: Агроконсалт, 1997.
2. Кирюшин В.И., Ганжара Н.Ф., Кауричев И.С., Орлов Д.С., Титлянова А.А., Фокин А.Д. Концепция оптимизации органического вещества в агроландшафтах.- М.: Изд-во МСХА. 1993.

УДК 631.4

ПОЧВЫ ОСТЕПНЕННЫХ ГЕОСИСТЕМ ПОДТАЙГИ ТОМСКОГО ПРИОБЬЯ

Л.И. Герасько, С.В. Лойко, К.Л. Носкова, И.В. Крицков

Томский государственный университет, Томск, e-mail: s.loiko@yandex.ru

Подтайга Томского Приобья с зональными мелколиственно-хвойными лесами на серых и темно-серых почвах является бореальным экотонном (типоморфные элементы H^+ и Ca^{2+}), особенность которого состоит в том, что даже сравнительно незначительное геогенное искажение «нормальных» условий среды приводит к возможности близкого соседства контрастных ландшафтов (например, таежные экосистемы, верховые болота и степи в одной долине). Изучены наиболее контрастные для подтайги в ландшафтно-геохимическом отношении степные и остепненно-луговые геосистемы (типоморфные элементы Ca^{2+} и Na^+), формирующиеся на покатых и средне-крутых склонах южной экспозиции в долинах магистральных рек (Обь и Томь). Занимаемые ими местоположения характеризуются повышенной инсоляцией и наибольшей внутригодовой контрастностью режимов функционирования, что обеспечивает произрастание степных видов (типчаки, келерия, ковыли) и формирование экстразональных для подтайги чернозёмов и парагенетически родственных им почв субаридно-субгумидного облика. Склоновое местоположение обуславливает делювиальное смешивание пород различного генезиса, с преобладанием аллювиальных, на что указывают значительное количество фракции мелкого и среднего песка, частая встречаемость гравия и галек. Формирующиеся катены являются гетеролитно-монолитными, так как одновременные породы, участвующие в формировании делювия имели единую область сноса (Алтае-Саянская область), что обусловило близкий минералогический состав, отсутствие склоновой поясности, связанной с выходом различных пород, и преимущественно гранулометрическую пестроту. Это позволяет интерпретировать педостриальные закономерности как проявление ландшафтно-геохимических процессов.

В изученных экстразональных геосистемах на север «заходит» ареал чернозёмов и многие виды растений, занесенные в региональную Красную книгу. Повышенная обеспеченность тепловыми ресурсами и благоприятная «холмистая» структура пространства вызывают усиленный антропогенез, активизирующий эрозионно-аккумулятивные процессы, что в почвенном покрове отражено в широком распространении абрадированных почв и педолитоседиментов. Ниже нами рассмотрены две катены с минимальной долей в почвах признаков эродированности.

Первая катена ($56^{\circ}25,9'$ с. ш.; $84^{\circ}59,2'$ в. д.) заложена на выпукло-прямом в сечении склоне крутизной до 18° под остепненно-луговой в трансэлювиальном (ТрЭ) и транзитном (Тр), и влажнотравно-луговой растительностью в трансаккумулятивном (ТрА) элементарном геохимическом ландшафте (ЭГЛ). Ближе к трансупераквальной части луг сменяется лесом. Склон характеризуется пестрым литологическим строением (лесовидные суглинки, с включением линз и прослоев глин, песка и гравия) и серией десерпционных микротеррас, что вызывает перераспределение поверхностного и внутрипочвенного стока и появление даже в пределах одного ЭГЛ почв с контрастными свойствами. Так в ТрЭ ЭГЛ (прибровочная зона + верхняя треть коренного склона Томи) была вскрыта микрокатена с чернозёмами глинисто-иллювиальным и криогенно-мицелярным, тёмногумусовыми солонцом и подбелом. Выходит, что в пределах элемента мезорельефа (верхняя треть склона, площадь – первые сотни m^2) занятого трансэлювиальным ЭГЛ формируется по микрорельефу вложенный комплекс микро-ЭГЛ от практически элювиального (Эл) (чернозем глинисто-иллювиальный) через ТрЭ и Тр (чернозем криогенно-мицелярный и солонец) к элювиально-аккумулятивному (подбел), перечисленные почвы образуют непрерывный переход друг к другу – микрокатену (по А. В. Гедымину). Солонец и подбел образуются благодаря микротеррасам и линзам легкого материала, которые выступают ловушками латерального стока (развитие элювиально-глеевых процессов) и геохимическими барьерами, на которых в условиях непромывного водного режима аккумулируются элементы, в том числе натрия (обнаружен в ППК и приводит к осолонцеванию), кальций (карбонаты, накопившиеся на исходно бескарбонатных породах) и сера (гипс). Развитию латерального стока в ТрЭ ЭГЛ способствует вода, стекающая весной по мерзлой поверхности прилегающего выше пологого склона под лесом и проваливающаяся ниже бровки в протаявшую

почву среднекрутого южного склона, формируя внутрисочвенный надмерзлотный сток. Наибольшую площадь в ТрЭ ЭГЛ занимают черноземы – криогенно-мицелярный преобладает у бровки, а глинисто-иллювиальный ниже; их ареал фоновый, с пятнами солонцов и подбелов, площадью первые квадратные метры.

Для ТрА ЭГЛ, занимающего часть средней и нижней трети коренного склона, характерны черноземы глинисто-иллювиальные глееватые, в нижней части ЭГЛ оподзоленные. Верхняя часть почвенного профиля, в пределах ЭГЛ, имеет довольно однородное пространственное строение и гранулометрический состав, различаясь вариабельностью мощности гумусового горизонта, выраженности белесой присыпки, признаков иллювирувания. Гораздо сильнее изменяется нижняя часть профиля, как по литологическим признакам, так и по степени оглеения (иногда за счет выклинивающихся реликтовых прослоев). Монотонность свойств гумусовых горизонтов почв этого ЭГЛ, контрастирующая с пестрой литологией более глубоких горизонтов, позволяет предположить существенную роль в их формировании привноса прогумусированного мелкозема с усредненным гранулометрическим составом, то есть генетически темногоумусовые горизонты черноземов ТрА ЭГЛ являются педоседиментами.

Между компонентами изученного сопряженного ряда почв в условиях крутого склона регулярно осуществляется связь латеральными миграционными потоками, что подтверждается сходством большинства физико-химических свойств, несмотря на значительные различия в систематической принадлежности изученных почв. Следствием общности ландшафтно-геохимических процессов являются такие свойства, как достаточно высокое содержание гумуса и поглощённых оснований, присутствие поглощённого натрия в ППК, нейтральная в верхней и щелочная реакция среды в нижней части профиля. Невысокое содержание карбонатов в почвах ТрЭл ЭГЛ обусловлено, по-видимому, их биогенным происхождением на фоне исходной бедности ими аллювиальных пород. В профилях почв, несмотря на их ксероморфный облик, отсутствует выраженный иллювиальный пик содержания карбонатов (карбонатно-иллювиальные аккумуляции приурочены к трещинам), маркирующий постоянную глубину промачивания профиля, что еще раз подтверждает наличие латерального выноса продуктов почвообразования. В ТрАк ЭГЛ в почвах вообще нет карбонатных горизонтов.

Вторая катена (56°20,8' с. ш.; 84°58,1' в. д.) заложена на склоне крутизной 16° в условиях более однородного литологического фона, что выразилось в меньшей контрастности почв, чем на первой катене. Растительность имеет более ксероморфный облик и представлена перистоковыльными степными группировками, что вызвано большей крутизной, площадью склона и его открытостью в долину. В Эл ЭГЛ покатога склона прилегающего к бровке вскрыт чернозем глинисто-иллювиальный маломощный с высоким содержанием гумуса в горизонте АU. В гранулометрическом составе преобладает фракция крупной пыли. Вскипание с 65 см. Почва ниже бровки, в ТрЭл ЭГЛ – чернозем дисперсно-карбонатный со вскипанием с 50–60 см. В средней части склона в Тр ЭГЛ – чернозем глинисто-иллювиальный гипсодержащий маломощный с выраженной дифференциацией по илу. В нижней части склона, на участке выколаживания (ТрАк ЭГЛ) – чернозем глинисто-иллювиальный с признаками солонцеватости. О протекании в почвах Тр и ТрАк ЭГЛ процессов осолонцевания и осолодения свидетельствуют признаки: текстурная дифференциация и наличие гор. АUel; повышенное уплотнение и ореховато-призматическая структура горизонта VI/BSN в сочетании с накоплением в нём илистой фракции; pH в диапазоне 6,4 ÷ 7,2; наличие гипса, сульфатов и хлоридов. Однако отнести их к типу черноземов (по критериям Классификации 2004 года) не позволяет отсутствие гор. ВСА, что является следствием крутосклонного положения и преобладания латерального перемещения влаги.

Почвы изученных геосистем отличаются от зональных серых и темно-серых повышенным содержанием гумуса, составом катионов ППК (присутствие натрия), нейтральной реакцией среды, высокой насыщенностью основаниями и др. Изученные геосистемы характеризуются стрийным строением. При выраженном микрорельефе и гранулометрической неоднородности в одном ЭГЛ (чаще ТрЭ и Тр) могут формироваться комбинации почвенного покрова класса микросочетаний с однонаправленным характером связей и несколькими контрастными типами почв. В случае неконтрастных почв комбинации представлены классом микровариаций. Кроме рассматриваемых катен с преобладанием денудации над эрозией встречаются следующие типы катен, где доминирование переходит к эрозионным процессам: а) смыв / намыв почвы проявляется локально, зачастую в местах поселений землероев; б) слаборазвитые и абрадируемые (эрозия + биогенные или антропогенные нарушения) почвы в Эл и ТрЭ, намывные в ТрА ЭГЛ; в) слаборазвитые и инициальные почвы молодых склонов с пионерными остепненными группировками.

УДК 631.4

ОПАЛОГЕНЕЗ КАК ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЙ, БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ И ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС: ОПИСАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ

Д.Л. Голованов

Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: dm_golovanov@mail.ru

Термин «опалогенез» предложен в 1988 году М.А. Глазовской [1] для ландшафтно-геохимического процесса образования и накопления аморфного кремнезема в различных компонентах ландшафта: коре выветривания, рыхлых отложениях, почвах, клетках высших и низших живых организмов, в донных отложениях озер. Опал в природе может иметь как хемогенное, так и биогенное происхождение.

Накопление плотных аккумуляций гидрогенного аморфного кремнезема, получивших наименование дурипэн (duripen) или силкрит, характерно для аридных и семиаридных областей. Аккумуляция биогенного кремнезема в почвах недавно была включена в число элементарных почвообразовательных процессов [4].

Отсутствие ранее в большинстве списков ЭПП опалогенеза связано с его выраженностью лишь на

аналитическом и микроморфологическом уровнях исследования. В то же время, в некоторых списках ЭПП в качестве самостоятельных, хотя и связанных с гумусонакоплением, процессов отмечается биогенное накопление макро- и микроэлементов питания растений (N, S, P, Ca, Cu и некоторые другие микроэлементы). В большинстве случаев эти элементы не формируют самостоятельную фазу, а входят в состав гумусовых веществ либо в качестве гетероатомов (N, S), либо в качестве катионов, удерживаемых ионными или внутрикомплексными связями. Накопления кремнезема в почвах имеют иную природу. Самостоятельную минеральную фазу – опал – кремнезем образует уже в растениях в виде фитолитов и, поступая в почву, он имеет более длительный период сохранения, чем растительные остатки. Растворимость фитолитов в почвенных растворах определяется не только физико-химическими условиями (температура, pH и др.), но и размерами и формой биогенных новообразований, наличием/отсутствием защитных органо-минеральных пленок [3, 6].

На роль аморфного кремнезема в почвообразовании обратили внимание уже первые исследователи микростроения почв, коллеги и последователи Б.Б. Польнова: Е.И. Парфенова и Е.А. Ярилова. Наличие биолитов кремнезема в хвое ели и обогащенность верхних горизонтов подзолистых почв кварцем пылеватой размерности, дало им основание выдвинуть гипотезу перекристаллизации опала в кварц. Позднее было показано, что этого не происходит. «Времени жизни» аморфного кремнезема в почве недостаточно для реализации геологически длительного процесса перекристаллизации, а дисперсный кварц сам подвержен растворению.

Биолиты успешно используются для палеогеографических реконструкций [3]. Их высокая диагностическая роль связана с высоким разнообразием и характерностью форм для видов растений, почвенных амёб и водорослей. По оценкам А.А. Гольевой [3], обновление фитолитного спектра верхних горизонтов почв происходит достаточно быстро – в течение первых десятков лет, что превышает скорость многих почвообразовательных процессов. В то же время фитолиты нижних горизонтов и, в частности второго гумусового, достаточно консервативны, в связи с наличием на них защитных органо-минеральных пленок.

Фитолиты верхних горизонтов почв вторично вовлекаются в биологический круговорот, что определяет их важную биорегуляторную функцию в природных и агрогенно измененных ландшафтах [2, 4-6]. В.В. Матыченков [5] предлагает выделять почвы с аккумулятивным и элювиальным характером режима подвижного кремнезема. Почвы пахотных земель отнесены им к элювиальным по кремнию и нуждающимся в различных формах внесения подвижного кремния. Нами [2] было предложено использовать содержание и запасы биогенного аморфного кремнезема в качестве существенного параметра экологического состояния пахотных почв.

Предложена линейная балансовая математическая модель поведения фитолитов в почвах с учетом совокупности процессов поступления, растворения и иммобилизации фитолитов.

Запасы SiO₂ фитолитов, а также растворенного SiO₂ почвенных растворов и SiO₂ почвообразующей породы связаны между собой потоками SiO₂ из одного пула в другой через коэффициент транслокации (K_{ij}):

$$dX1/dt = K11 * X1 + K12 * X2 + K13 * X3 + K14 * X4 + K15 * X5$$

$$dX2/dt = K21 * X1 + K22 * X2 + K23 * X3 + K24 * X4 + K25 * X5$$

$$dX3/dt = K31 * X1 + K32 * X2 + K33 * X3 + K34 * X4 + K35 * X5$$

$$dX4/dt = K41 * X1 + K42 * X2 + K43 * X3 + K44 * X4 + K45 * X5$$

$$dX5/dt = K51 * X1 + K52 * X2 + K53 * X3 + K54 * X4 + K55 * X5$$

где запасы SiO₂ (кг/га): X1 – в метровом слое почвообразующей породы; X2 в фитомассе; X3 в лесной подстилке/степном войлоке; X4 - в гумусовом горизонте почв (условно «почве»), X5 – суммарный вынос SiO₂ с поверхностным и внутрипочвенным стоком.

Не все потоки реализуются на практике:

$$dX1/dt = 0 - K12 * X2 + 0 + 0 - K15 * X5$$

$$dX2/dt = K21 * X1 - K22 * X2 + K23 * X3 + K24 * X4 + 0$$

$$dX3/dt = 0 + K32 * X2 - K33 * X3 + 0 - K35 * X5$$

$$dX4/dt = 0 + K42 * X2 + K43 * X3 - K44 * X4 - K45 * X5$$

$$dX5/dt = K51 * X1 + 0 + K53 * X3 + K54 * X4 + 0$$

где K_{ij} – коэффициенты ежегодной транслокации SiO₂: K12 и K21 - из породы в растительный покров, K15 и K51 – из породы в гидросферу, K23 – из подстилки в растительный покров, K24 – из почвы в растительный покров, K32 – из фитомассы в подстилку; K35 и K53 из подстилки в гидросферу со стоком; K42 – из фитомассы в почву (внутрипочвенный опад); K43 – из подстилки в почву; K45 и K54 – из почвы в гидросферу с внутрипочвенным стоком; K22 – потери SiO₂ фитомассой с опадом; K33 – суммарные потери SiO₂ из подстилки; K44 суммарные потери SiO₂ из почвы.

Для почв агроландшафтов складывается резко отрицательный баланс биогенного аморфного SiO₂, который может быть компенсирован лишь внесением органических и минеральных форм аморфного кремнезема [2, 5].

$$dX1/dt = 0 - K12 * X2 + 0 + 0 - K15 * X5$$

$$dX2/dt = K21 * X1 - K22 * X2 + 0 + K24 * X4 + 0$$

$$dX4/dt = 0 + 0 + 0 - K44 * X4 - K45 * X5$$

$$dX5/dt = K51 * X1 + 0 + K53 * X3 + K54 * X4 + 0$$

При всей схематичности модели, она позволяет более адекватно описать биогеохимический круговорот SiO₂ в ландшафтах с учетом разной подвижности минерального и биогенного кремнезема, чем коэффициент биологического поглощения.

Численное решение модели для всего многообразия природных условий, для которых есть натурные

наблюдения, может быть проведено с использованием программы MatLab.

Дальнейшее совершенствование должно происходить, во-первых, за счет увеличения количества блоков («пулов» аморфного кремнезема), в частности, учета большего количества почвенных горизонтов, а, во-вторых, за счет учета нелинейного характера связей продуктивности растительных сообществ с запасами биофильного кремнезема в различных пулах. Учет поступления кремнезема с внутрисочвенным стоком позволит выйти на ландшафтный уровень модели.

Литература

1. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа. 1988. 324 с.
2. Голованов Д.Л. Кремний как незаменимый макроэлемент питания природных и культурных злаков // Удобрения и химические мелиоранты в агроэкосистемах. М.: МГУ, 1998. с. 247-250.
3. Гольева А. А. Микробиоморфные комплексы природных и антропогенных ландшафтов: Генезис, география, информационная роль. М. Едиториал УРСС, ЛКИ, 2008. 240 с.
4. Гольева А.А., Бобров А.А., Шоба С.А. Аккумуляция биогенного кремнезема в биогеоценозах средней тайги. Препринт серии «Научные доклады». Сыктывкар, 1987. 27 с.
5. Матыченков В. В. Роль подвижных соединений кремния в растениях и системе почва-растение. Автореф. дисс. на соискание уч. степени д.б.н. Пушкино, 2008 40 с.
6. Sommer M., Kaczorek D., Kuzyakov Ya., Breuer J. Silicon pools and fluxes in soils and landscapes—a review // J. Plant Nutr. Soil Sci. 2006, 169, 310–329.

УДК 631.47

ПРОЦЕССЫ МИГРАЦИИ И АККУМУЛЯЦИИ КРЕМНИЕВЫХ ФИТОЛИТОВ В ПОЧВАХ РАЗНЫХ ПРИРОДНЫХ ЗОН

А.А.Гольева

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт географии Российской Академии наук, Москва, e-mail: alexandragolyeva@rambler.ru

Фитолиты – опаловые частицы оригинальной формы – образуются в клетках многих растений и с опадом попадают на поверхность почвы. Высокая сохранность и хорошо диагностируемая специфическая форма фитолитов позволяет легко диагностировать эти частицы в почвах, культурных слоях и других природных и антропогенных отложениях. Благодаря тому, что частицы попадают в почвы исключительно сверху, их распределение по профилю (количество и глубина) являются надежными маркерами интенсивности и мощности вертикальных миграционных процессов. Размерность фитолитов различна, но при количественных исследованиях работают только с фракциями от мелкой пыли и крупнее. Таким образом, сформированный в процессе эволюции фитолитный профиль почвы можно рассматривать как усредненный показатель миграционной способности пылеватых частиц различного генезиса в почвах в целом.

На сегодняшний день выявлены фитолитные профили ряда почв многих природных зон мира. Разнообразие природно-климатических факторов формирования некоторых из этих почв приведено в таблице 1.

Таблица 1

Природно-климатическая характеристика исследованных почв

Страна, регион	Природная зона	Тер. год, С	Кол-во осадков, мм/год	Название почвы (как в публикациях)
Россия, республика Коми	Средняя тайга	+0,3	500	Типичная подзолистая почва на пылеватых суглинках [1]
Россия, республика Коми	Средняя тайга	+0,3	500	Железистый подзол на аллювиальных среднезернистых песках [1]
Россия, Тульская обл.	Широколиственные леса	+4,0	560	Серые лесные почвы на лессовидных суглинках [2]
Россия, Курская обл.	Степь	+6,0	500	Черноземы типичные на лессах [2]
Россия, Ставропольский край	Сухая степь	+7,0	450	Каштановые почвы [2]
Австралия	Эвкалиптовые леса	+17	625	Осолоделый солонец на песчанике с глинистыми линзами [3]
Австралия	Эвкалиптовые леса	+25	1216	Подзол на песчанике [3]
Конго	Экваториальные влажные вечнозеленые леса	+25	1500	Ферраллитные почвы на опесчаненном материале с глинистыми прослойками [4]

В таблице представлен основной, но не весь почвенный ряд, где изучены фитолитные профили в мире; на сегодняшний день они наиболее изучены в России и ряде стран южного полушария (Австралия, Аргентина,

Конго и др.) [3, 4, 5].

На рисунке 1 показано количественное распределение фитолитов в зональных почвах. Для более наглядного сравнения все профили имеют единую мощность – 70 см. По горизонтали дана доля фитолитов в пылевой фракции каждого из горизонтов. Для профилей российских почв рассчитан состав биогенных частиц с детализацией по размерности пылевых частиц. Зарубежные исследователи приводят только обобщенные данные.

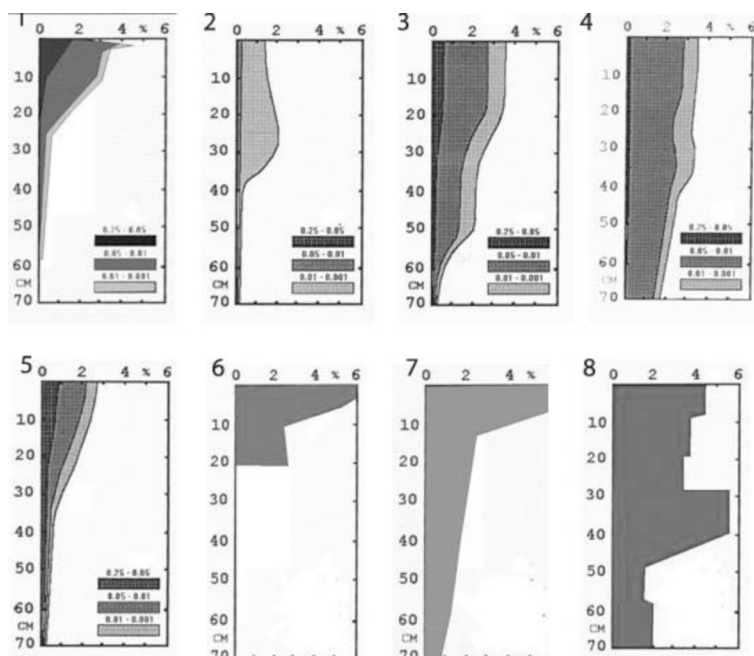


Рис. 1. Фитолитные профили в почвах: 1. Типичная подзолистая почва; 2. Железистый подзол; 3. Серая лесная почва; 4. Чернозем типичный; 5. Каштановая почва; 6. Осолоделый солонец; 7. Субтропический подзол; 8. Ферраллитная почва.

Сравнение облика фитолитных профилей позволяет говорить о прямой зависимости между мощностью профиля и основными природно-климатическими факторами. Эта зависимость не линейна. Так, по мере роста среднегодовых температур наблюдается увеличение доли фитолитов в составе пылевых фракций вплоть до степных черноземов, с последующим падением значений в почвах сухих степей и со значительным ростом в субтропических и экваториальных ландшафтах. Содержание фитолитов в верхних горизонтах почв экваториальных лесов меньше, чем в саваннах субтропиков, что связано как с усилением вертикального переноса, так и с уменьшением общей доли злаковых и пальм в составе растительного покрова.

Зависимость мощности фитолитного профиля от количества осадков для Европейской территории России не так явно выражена по сравнению с изменением температур. Хотя и наблюдается увеличение мощности профиля в серых лесных почвах и черноземах по сравнению с подзолистыми и каштановыми. Но, если рассматривать весь ряд, включая экваториальную зону, то подобная зависимость прослеживается достаточно хорошо.

Поскольку фитолиты имеют биогенную природу, то видовое разнообразие и общее количество произрастающей на той или иной почве растительности может оказывать существенное влияние на количество поступающего биогенного кремнезема и, в конечном итоге, на облик фитолитного профиля. Наибольшее количество фитолитов образуется в злаках. Учитывая тот факт, что все злаки – однолетние травы, то на поверхность почв степей и саванн ежегодно поступает огромное количество этих частиц. Следующей группой растений, где формируется много фитолитов, являются листья пальм, иглы хвойных и мхи. Но эти растения являются многолетними, т.е. при всем обилии фитолитов, поступление их в виде опада растянуто во времени. Растения сухих степей формируют мало диагностически значимых фитолитов, поэтому в почвах этих природных зон общий вклад биогенного кремнезема в состав пылевой фракции мал.

Фитолитные профили, сформированные в песчаных почвах количественно беднее по сравнению с таковыми более плотных почв тех же природных зон, хотя их профиль более растянут (пары 1, 2 и 6, 7). Безусловно, это связано с иными объемами биомассы ежегодного опада, т.е. с количеством фитолитов, поступающих на поверхность почв. Большая растянутость профиля обусловлена лучшей порозностью в песчаных почвах, что способствует миграционным процессам.

Глубина проникновения фитолитов зависит и от возраста почвы. Это хорошо видно на примере черноземов и ферраллитных почв (графики 4 и 8 рисунка 1). Но этот фактор не является определяющим, что наглядно демонстрирует облик фитолитного профиля каштановой почвы (график 5 рисунка 1).

В целом можно заключить, что процессы миграции и аккумуляции кремниевых фитолитов в почвах способствуют формированию самостоятельных фитолитных профилей. Их облик зависит от природно-климатических условий функционирования почв. Значимую роль могут играть такие компоненты ландшафтов как характер растительного покрова и гранулометрический состав почвы. Длительность процесса

почвообразования влияет на облик этого частного профиля, но не имеет определяющей роли.

Литература

1. Гольева А.А. Фитолиты и их информационная роль в изучении природных и археологических объектов. М. 2001. 200с.
2. Каманина И.З. Кремнеземистые фитолиты в почвах некоторых природных зон. Автореф. канд. дис. МГУ. М. 1992. 17с.
3. Hart D.M., Humphreys G.S., 1997. The mobility of phytoliths in soils; p. pedological considerations // First European Meeting on phytolith research., Madrid, 23-26 September, 1996, CSIC, Monografia 4, Madrid; p. 93-100.
4. Bremond L., Alexandre, A., Peyron, O., Guiot J. Grassland biomes estimated from phytoliths in West Africa. // Journal of Biogeography, 2008. 35. 2039-2048.
5. Osterrieth M., Madella M., Zurro D., Alvarez M.F., Taphonomical aspects of silica phytoliths in the loess sediments of the Argentinean Pampas // Quaternary International. 2009. 193. p.70–79.

УДК 912.631.4(574)

КАРТА ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ КАЗАХСТАНА

И.А. Горбунова, М.И. Герасимова, М.Д. Богданова, О.А. Никитина

Географический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, e-mail: iagorb@mail.ru

Актуальность изучения деградации почв и ее картографирования связаны с возросшими антропогенными нагрузками на почвы. К настоящему времени опубликовано несколько мелкомасштабных карт деградации почв с использованием разных концепций. Карты составляются по данным опросов об общем состоянии почв (часто по административным единицам), либо сведений об изменениях конкретных свойств почв (содержание гумуса, водорастворимых солей, величины рН, плотность, эродированность), либо на основе информации об антропогенных воздействиях и деградационных процессах.

Авторами была составлена карта деградации почв Казахстана масштаба 1:5 млн, совмещающая черты прогнозной и фактологической карты и адаптированная в отношении подходов и показателей к территории республики; учитывались как ее природная специфика, так и наиболее распространенные виды воздействий. Основой методологии является интерпретация почвенных свойств и процессов и знание ответных реакций почв на тот или иной вид антропогенных воздействий. Содержание карты сформировано путем целенаправленной интерпретации разных свойств и явлений [1], широко представленных в серии тематических карт, в том числе карты деградационных процессов в Национальном атласе Казахстана [2], включая карту деградации почв. В отличие от нее, степени деградации не являются основным содержанием составленной карты, поскольку критерии их выделения не всегда однозначны. Для контроля корректности интерпретаций были использованы разнообразные фактические сведения и современные представления о механизмах деградации различных почв.

Основное содержание составленной карты – комплексы деградационных процессов в связи с особенностями ПТК. *Были использованы следующие источники.*

Карта деградации почв в Национальном атласе Казахстана м-ба 1: 7,5 млн [2] содержит обширную информацию о разных типах деградации: антропогенных (дегумификация, водная и ветровая эрозия, засоление, осолонцевание, техногенные перегрузки, нефтехимическое и радиоактивное загрязнение) и природных. Этот подход – разделение на собственно антропогенные и природно-антропогенные процессы деградации – был нами использован. Степени деградации были учтены, но на втором уровне по значимости. По картам деградации растительного покрова были выявлены территории без деградации и сильно нарушенные. Карты «нагрузок» были также учтены, поскольку антропогенная деградация непосредственно зависит от вида воздействия и имеет определенные пространственные границы. Такими картами «нагрузок» были карты земельных угодий, промышленных объектов, крупных транспортных магистралей и продуктопроводов. Почвенные карты использовались для уточнения ареалов деградационных процессов, т.е. характера ответных реакций на те или иные типы воздействий. «Собственно» почвенные ареалы не выделялись, за исключением солончаков и песчаных почв, особенно в случаях природно-антропогенной деградации. Космические снимки привлекались для уточнения границ комплексов деградационных процессов, преимущественно связанных с дефляцией.

Карта имеет многоуровневую легенду. На верхнем уровне почвы разделены по общему экологическому и эволюционному состоянию: (1) почвы, в которых деградация отсутствует; (2) проградированные почвы; (3) деградированные почвы. Недеградированные и проградированные почвы далее в легенде не разделяются.

Основное внимание уделено деградированным почвам и процессам, которые подразделены в легенде на процессы: вызванные преимущественно природными, природно-антропогенными причинами и связанные с антропогенными факторами.

Первая группа процессов, развитие которых провоцируется и/или активизируется деятельностью человека, представлена двумя выделами легенды – засоление и подтопление. Для группы антропогенных процессов была принята матричная легенда. Виды антропогенного воздействия образуют один вход матрицы, и они сгруппированы в «сельскохозяйственные», «промышленные», «транспортные». Второй вход матричной легенды отражает характер и интенсивность воздействий. Новым элементом является оценка (экспертная) обратимости последствий деградации.

Таким образом, в основной легенде использован имеющийся опыт, подходы, принятые на картах

Атласа Казахстана, в авторской интерпретации применительно к почвам Республики. По сравнению с картой деградации почв в атласе, иначе построена легенда и несколько смещены акценты: картографическими единицами являются комплексы деградационных процессов, обусловленные видами воздействий, тогда как на карте атласа главное внимание (цветовой фон) уделено интенсивности деградации, а ее причины и отдельные процессы представлены как дополнительная информация.

Пространственное распределение видов деградации оказалось весьма неравномерным. На территории Казахстана выделяются территории, почвы которых не затронуты деградационными процессами; на локальном уровне (значками) выделяются участки, в почвах которых имеют место процессы проградации: орошаемых (с соблюдением максимально полного комплекса технологических требований), аллювиальных и некоторых луговых почвах на юге Республики. Большинство почв малоустойчивы к антропогенным нарушениям. Они имеют маломощные профили, слабо сформированную или непрочную структуру, невысокое или низкое содержание гумуса, и потому легко разрушаются. Их восстановление в условиях сухостепного или полупустынного климата требует длительного времени и редко достигает положительных результатов. Многие воздействия предполагают механические нарушения, так что дифференциация почв по их ответным реакциям и по видам воздействий не имеет смысла.

На большей части территории имеются признаки деградации, вызванной выпасом скота, причем далеко не всегда нерациональным. Все северные и северо-восточные регионы характеризуются комплексом деградационных процессов, вызванных богарным земледелием на черноземах и темнокаштановых почвах.

Специфика техногенных «нагрузок» на почвы Казахстана состоит в разнообразии отраслей горнодобывающей промышленности. Кроме этого имеются сплошные, но относительно небольшие ареалы разных почв, измененных ракетно-космической деятельностью, преимущественно бурых пустынно-степных почв. Деградация экосистем и почв в Казахстане происходит в местах захоронения ядерных отходов (показаны значками). Помимо механических нарушений, под влиянием жестких излучений изменяется функционирование биоты и, соответственно, ряда связанных с ней почвенных свойств.

Проявления деградации почв и формирование новых техногенных почв или почвоподобных поверхностных образований фиксируются значками.

Особый характер имеют линейные ареалы деградации – вдоль продуктопроводов, где деградацию можно считать скорее потенциальной, не считая механические нарушения при прокладке труб, и лишь локально реальной в результате порывов труб и образования разливов нефти.

Было проведено сравнение обсуждаемой карты с фрагментом карты на ту же территорию, составленной по Международной программе ГЛАСОД (GLASOD – Global Assessment of Soil Degradation, 1990) [3]. Главное различие между ними касается почв сухостепной и полупустынной зон. На карте ГЛАСОД эти обширнейшие территории показаны как неиспользуемые и непригодные к использованию земли (wasteland), что не так, поскольку они представляют собой области экстенсивного животноводства, и почвы их подвержены типичным для пастбищных почв деградационным процессам.

Деградация вследствие перевыпаса и «сведения растительности» на карте ГЛАСОД показана местами на севере Казахстана; она сочетается с деградацией вследствие водной эрозии и дефляции, последняя территориально совпадает с ареалами дефлированных почв. Дегумификация не дана на карте ГЛАСОД как ведущий деградационный процесс, что не соответствует приоритетам видов деградации на карте Казахстана. Очевидно, что в горах господствует водная эрозия (показана на обеих картах). Орошаемые почвы показаны несколько по-разному. На карте ГЛАСОД результатом орошения считается уплотнение и коркообразование (явления, нами не учтенные), а на севере Республики деградационные процессы, связанные с орошением, не отмечены. Безусловно, обзорный масштаб карты ГЛАСОД, опросный способ ее составления и недостаток фактических материалов объясняют причины различий в представлении деградационных явлений на сравниваемых картах.

Таким образом, составленная карта отличается от карты ГЛАСОД и карты в Национальном атласе не только методологически, но и полученной картиной пространственных проявлений деградации почв, что дополняет общее представление об этом опасном явлении.

Литература

1. Богданова М.Д., Гаврилова И.П., Герасимова М.И. Мелкомасштабное почвенно-геохимическое картографирование. М.: АПР. 2008. 168 с.
2. Национальный атлас Республики Казахстан. Алматы, 2010.
3. World Map of the Status of Human-Induced Soil Degradation. UNEP/ISRIC Nairobi, Kenya. 1991. 34 pp.

УДК 504.75

МИГРАЦИЯ РТУТИ В ПОЧВАХ И РАСТЕНИЯХ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

О.Н. Гордеева, Г.А. Белоголова

Институт геохимии имени А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, e-mail: gordeeva@igc.irk.ru

Ртуть является одним из наиболее опасных элементов-загрязнителей биосферы. Летучесть этого элемента способствует перераспределению его между всеми компонентами биосферы и образованию различных форм нахождения.

Ртутное загрязнение окружающей среды Иркутской области связано с деятельностью химического

комбината ООО «Усольехимпром» (г. Усолье-Сибирское), где до 1998 г. получение хлора и щелочи осуществлялось ртутным способом. В результате под цехом ртутного электролиза (ЦРЭ) образовалось техногенное месторождение ртути. Кроме того, на территории Иркутской области в г. Свирске имеется промплощадка бывшего Ангарского металлургического завода (АМЗ) по производству мышьяка. Отвалы переработанной руды завода и прилегающие почвы характеризуются высоким содержанием тяжелых металлов, в том числе ртути. Значительный вклад в ртутное загрязнение окружающей среды региона вносят предприятия ТЭЦ, автотранспорт, удобрения и др.

Целью данного исследования является изучение особенностей миграции ртути в почвах и растениях на примере влияния ООО «Усольехимпром» и промплощадки АМЗ.

Исследовались дерновые лесные и дерново-карбонатные почвы территории «Усольехимпром» в 0,5, 1,5 и 3 км от ЦРЭ и в окрестностях г. Усолье-Сибирское. В г. Свирске – дерново-карбонатные почвы в 5, 150 и 300 м от промплощадки АМЗ и черноземы в окрестностях города. Отбирались пахотные почвы дачных и приусадебных участков обоих городов и условно-фоновые пахотные почвы в 30 км от г. Усолье-Сибирское и в 15 км от г. Свирска. Почвы отбирались на глубину 0-35 см в лесной зоне и 0-15, 0-20 см из гор. A_{max} .

В почвах территории «Усольехимпрома» и окрестностей г. Усолье-Сибирское изучены формы нахождения ртути по методике [1]. Среди них органические формы ртути занимают особое место, т. к. их биодоступность, особенно метилпроизводных, значительно выше, чем минеральных форм [2]. Изучение доступности различных форм ртути для растений при наличии техногенных аномалий на территориях проживания человека является важным и необходимым условием, т. к. дает дополнительную информацию о поступлении этого элемента в пищевую цепь человека.

Сопряжено с почвами отбирались надземные части дикорастущих растений: береза повислая *Betula pendula* L., ива белая *Salix alba* L., ива козья *S. Caprea*; паслен сладко-горький *Solanum dulcamara* L., кровохлебка аптечная *Sanguisorba officinalis* L., герань луговая *Geranium pratense* L., горошек мышиный *Vicia cracca* L., костяника каменистая (листья) *Rubus saxatilis* L., осока мохнатая *Carex hirta* L., осот огородный *Sonchus oleraceus* L., тысячелистник обыкновенный *Achillea millefolium* L., хвощ лесной *Equisetum silvaticum* L. Каждая проба включает несколько растений одного вида, отобранных на участках 10x10 м.

Изучены также различные виды пластинчатых (*Lactarius torminosus*, *L. pubescens*, *L. resimus*, *L. necator*, *Russula betularum*, *R. adusta*) и трубчатых (*Leccinum scabrum*) грибов. На дачных и приусадебных участках одновременно с почвами отбирались картофель и морковь.

Почвы и растения сушили при комнатной температуре (грибы при температуре не выше 30° С) до сухого состояния, затем анализировались методом атомной абсорбции на спектрометре «РА-915+».

Содержания ртути в почвах гг. Усолье-Сибирское, Свирск и их окрестностей, представлены в таблице 1. Наиболее высокие концентрации этого элемента установлены в почвах промплощадки АМЗ в г. Свирск. В почвах «Усольехимпрома» вблизи ЦРЭ содержания ртути не превышают ПДК (2,1 мг/кг), но на порядок выше регионального фона (0,02 мг/кг) и повышены относительно кларков (0,12±0,02 мг/кг). Такая же ситуация выявлена и в окрестностях г. Усолье-Сибирское. По-видимому, загрязнение ртутью лесных почв этого участка происходит не только под влиянием «Усольехимпрома», но также ТЭЦ-11, расположенной поблизости.

Таблица 1

Содержания ртути в почвах (гор. A_0+A , A_{max}), мг/кг

Место отбора проб	Среднее	Минимальное	Максимальное
Территория «Усольехимпрома»	0,192	0,006	0,770
Лес вблизи г. Усолье-Сибирское	0,174	0,015	0,466
Приусадебные и дачные участки ¹	0,046	0,013	0,081
Условно-фоновые пахотные почвы ²	0,035	0,016	0,078
г. Свирск, промплощадка АМЗ	0,416	0,021	4,560
Лес вблизи г. Свирска	0,045	0,013	0,091
Дачи в 200-500 м от АМЗ	0,036	0,024	0,057
Условно-фоновые пахотные почвы ³	0,016	0,010	0,035

¹г. Усолье-Сибирское. ²30 км от г. Усолье-Сибирское. ³15 км от г. Свирска.

Концентрации ртути в сельскохозяйственных почвах городов и условно-фоновых участков находятся в пределах обычных содержаний для пахотных почв (0,01-1 мг/кг [3]), но остаются повышенными относительно регионального фона.

Как показали исследования, ртуть в почвах г. Усолье-Сибирское и его окрестностей находится преимущественно в органической и прочносвязанной фракциях (рис. 1).

Самое высокое содержание ртути в органической фракции установлено в почвах окрестностей г. Усолье-Сибирское. Количество ртути в наиболее подвижных фракциях изученных почв – водо- и кислоторастворимой – незначительно. Прослеживается тенденция снижения содержания ртути в водорастворимой фракции по мере удаления от ЦРЭ.

Концентрации ртути в тканях большинства растений не превышают ее валовых содержаний даже в самых загрязненных почвах. Среди изученных древесных видов более высокие содержания ртути характерны для березы. Ветви березы и ивы содержат ртути меньше, чем листья. Это может быть обусловлено как

физиологическими особенностями различных органов растений, так и способностью листьев поглощать пары ртути непосредственно из атмосферного воздуха и пыли [4, 2]. В целом, концентрации ртути в листьях деревьев выше кларка для растений (0,015 мг/кг [5]) только на усольском участке.

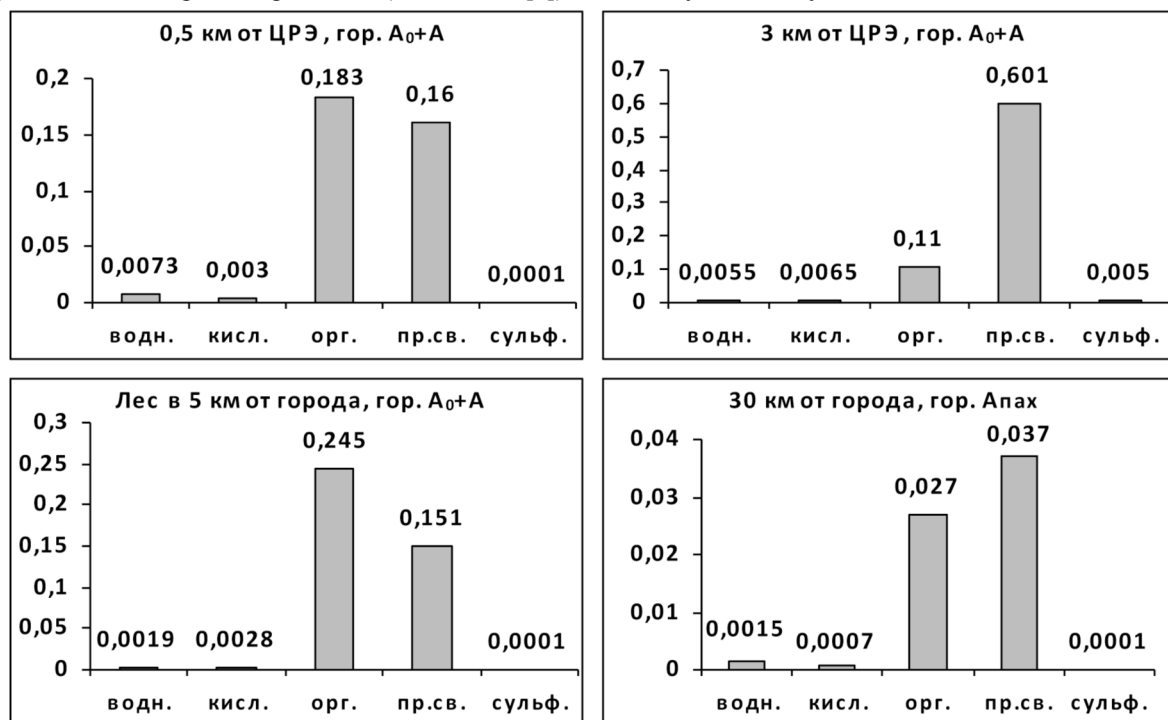


Рис. 1. Распределение ртути по фракциям в почвах, мг/кг. Фракции: водн. – водная, кисл. – кислоторастворимая, орг. – органическая, пр.св. – прочносвязанная, сульф. – сульфидная.

Превышение кларка характерно и для трав. Относительно естественного уровня в травах (до 0,1 мг/кг [2]) содержание ртути повышено в единичных представителях – тысячелистнике (0,161 мг/кг, территория «Усольехимпрома»), и герани (0,132 мг/кг, окрестности г. Усолье-Сибирское). Установлено повышенное содержание ртути в растениях окрестностей г. Усолье-Сибирское относительно растений «Усольехимпрома». Коэффициенты биологического поглощения подтверждают более интенсивное накопление ртути травами в окрестностях города.

Как отмечалось ранее, большое количество ртути в изученных почвах находится в органической фракции. Исследования показали прямую зависимость между содержанием Hg в этой фракции и в травах усольского участка (рис. 2), что не установлено для других фракций ртути и ее валового содержания в почвах.

Грибы можно отнести к организмам-аккумуляторам ртути. Плодовые тела грибов (далее – грибов) растут на мицелии, который представляет собой сеть тонких разветвленных нитей, простирающихся в верхнем слое почвы на сотни метров. Вся поверхность мицелия всасывает питательные вещества, которые затем поступают в грибы [4].

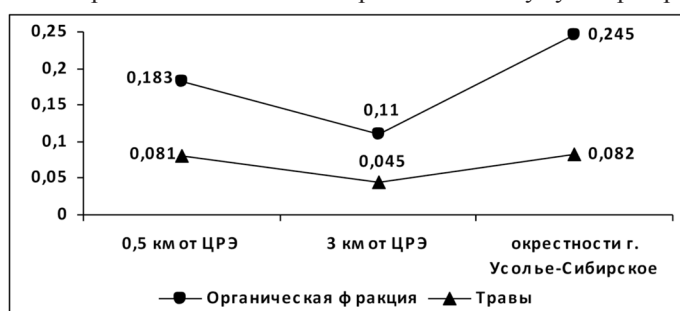


Рис. 2. Зависимость содержания ртути в органической фракции почв и в травах, мг/кг

Техногенное загрязнение приводит к многократному увеличению содержаний элементов-токсикантов в этих организмах, что видно на примере грибов, отобранных на территории «Усольехимпрома» (0,137-5,4 мг/кг), в окрестностях г. Усолье-Сибирское (0,341-0,7 мг/кг) и Свирск (0,011-0,53 мг/кг). На этих участках содержания ртути в грибах на порядок выше, чем в почвах. Особенно высокие содержания ртути в грибах усольского участка.

Концентрации ртути в овощах г. Усолье-Сибирское и Свирск не превышают фоновых содержаний по [2] (картофель – 0,010-0,047 мг/кг, морковь – 0,0057-0,086 мг/кг). Интересной особенностью является повышенное на порядок количество ртути в ботве моркови относительно ее корнеплодов.

Таким образом, биодоступность ртути в большой степени зависит от форм ее нахождения в почвах. В условиях, когда основная часть ртути связана с компонентами почвы, особую роль играют ее биодоступные органические соединения, которые, по-видимому, становятся одним из основных источников поступления ртути в растения. Вблизи урбанизированных территорий установлена повышенная биоаккумуляция ртути в растениях и, особенно, в грибах, в связи с чем не рекомендуется использование их в лекарственных или пищевых целях.

1. Bloom N. S., Preus E., Katon J., Hiltner M. Selective extractions to biogeochemically relevant fractionation of inorganic mercury in sediment and soils // *Anal. Chim. Acta.* 2003. V. 479. N 2. P. 233-248.
2. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 440 с.
3. Klock A. Richtwerte '80. Orientierungsdaten for tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturbuden // *Mitteilungen VDLUFA.* – 1980. - Н. 1-3. – S. 9-11.
4. Елпатьевский П. В. Геохимия миграционных потоков в природных и природно-техногенных геосистемах. – М.: Наука, 1993. – 253 с.
5. Ковальский В. В. Геохимическая экология. – М.: Наука, 1974. – 300 с.

УДК 671.47

ПЕДОГЕННЫЕ СВОЙСТВА ОТЛОЖЕНИЙ ЛЕДОВОГО КОМПЛЕКСА СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ

С.В. Губин, О.Г. Занина

*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пушкино,
e-mail: gubin@issp.serpukhov.su*

Важным показателем, отражающим специфику генезиса и условий накопления отложений ледового комплекса (ЛК) в позднем плейстоцене, их отличия от широко распространенных и близких по составу и генезису отложений лессово-почвенных формаций других не мерзлотных регионов Евразии и Америки, является присутствие в их составе важнейших биофильных элементов и их соединений: органического углерода, азота, его нитратных и аммонийных форм, высоких доз подвижных форм фосфора и калия [1,2]. Эти элементы и соединения являются продукцией биоценозов, существовавших в период накопления рассматриваемых отложений, в свою очередь, они обеспечивали их существование, продуктивность. Сохранность биофильных соединений в отложениях ЛК определили быстрый переход накапливающегося материала в мерзлое состояние и дальнейшее постоянное нахождение его в составе мерзлых толщ в течение десятков тысяч лет.

Ведущее значение в формировании отложений ЛК принимало синлитогенное почвообразование, протекавшее в относительно теплых условиях короткого летнего периода, при достаточном для развития лугово-степных ценозов увлажнении верхней части деятельного слоя, очень низких зимних температурах и близком, менее метра, залегании границы многолетней мерзлоты. Регулярно и относительно равномерно, со скоростью 1 - 2 мм в год, поступающий на поверхность осадок, состоящий из смеси минеральных частиц и органических остатков размера пыли, в ходе накопления толщи и сингенетичном ее промерзании через 200 – 400 лет переходил в вечномерзлое состояние. Одной из важнейших специфических черт синлитогенного почвообразования являлась низкая активность процессов гумусообразования в толщах деятельного слоя. Это определялось отсутствием или низким содержанием первичных биологических деструкторов органических остатков, низкими положительными температурами деятельного слоя летом, в котором температуры выше + 5° С существовали всего 1-2 месяца и то лишь в самой верхней его части (10 –20 см), а следовательно краткостью суммарного периода активной биохимической трансформации поступающего на поверхность материала. В толще отложений ЛК – криопедолитах, отсутствуют органогенные почвенные горизонты, а подавляющая масса органического вещества представлена сильно измельченным (около 0,02 мм), в значительной степени минерализованным растительным детритом – остатками злаковой, травянистой и моховой растительности, равномерно распределенным в минеральной массе. При рассмотрении свойств отложений ЛК особо следует подчеркнуть, что они определяются свойствами материала, находившегося на нижней границе деятельного слоя при переходе его в многолетнемерзлое состояние, т.е. в той зоне, которая на момент сингенетичного промерзания этих частей толщ являлась надмерзлотным водоупором и в которую могла идти не только нисходящая миграция почвенных растворов, но и подтягивание растворов из лежащих выше слоев при промерзании и постепенном поднятии границы многолетней мерзлоты.

Приведенные в таблице некоторые из свойств отложений ЛК сформированных в самую холодную эпоху позднего плейстоцена (МИС 2) и в несколько более теплый его период (МИС 3), а также материала погребенной в толщах ЛК торфянисто-глеевой почвы показывают, что основные педогенные характеристики материала криопедолитов обладают большим сходством. Суровость и относительная сухость условий, в которых протекал процесс синлитогенного почвообразования, отсутствие сформированных органогенных горизонтов, определяли близкую к нейтральной или даже слабощелочную реакцию деятельного слоя. Анализ материал большого числа обнажений ЛК на приморских низменностях Севера Якутии показал, что эти значения, в первую очередь, определяются минералогическим составом отложений, а также связаны с гидроморфностью условий их накопления. Микроморфологические исследования подтвердили, что показатели С орг. напрямую зависят от содержания мельчайшего растительного детрита, его состава. Темные гумусовые соединения в виде мельчайших сгустков на поверхности минеральных зерен встречены единично. Анализ обширной базы данных по содержанию С орг. в отложениях ЛК показал, что в толщах накопившихся в период МИС 3 оно несколько выше, чем в МИС 2, при близком качественном составе растительного детрита.

Уникальными являются показатели содержания в рассматриваемых отложениях подвижных форм фосфора и калия, извлекаемых вытяжкой Тамма. При невысоком валовом содержании фосфора в материале ЛК (около 0,1%), содержание его подвижных форм здесь часто составляет 25 – 40 мг на 100 г почвы, а в отдельных слоях может достигать до 90 мг на 100 г. Не выявлено прямой связи этих высоких показателей с содержанием Сор_г, но в шлифах, выполненных из материала подобных слоев, отмечено резкое увеличение

Педогенные свойства материала отдельных слоев отложений ледового комплекса ([АС]) стадии МИС 2 и МИС 3 и погребенной в них почвы

Объект и время формирования	Глубина, м	Горизонт	рН водн.	С орг %	С г.к Сф.к	N общ. %	Формы N, мг /100г		Подвижные, мг /100г		СО ₂ карб. %
							NH ₄	NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	
ЛК МИС 2	3,3	[АС]	8,2	1,2	0,7	0,1	0,12	0,51	51,8	8,4	0,8
	5,5	[АС]	8,3	1,1	0,6	0,2	0,15	0,15	53,6	6,3	0,8
	14,0	[АС]	8,0	1,3	0,8	0,2	0,00	0,32	44,1	6,1	0,4
ЛК МИС 3	22,4	[АС]	7,6	1,3	0,6	0,2	0,21	0,15	30,0	6,5	0,4
	28,6	[АС]	7,9	1,8	0,6	0,7	0,14	0,16	36,4	6,8	0,3
	36,4	[АС]	7,3	2,2	0,7	0,4	не опр.	не опр.	26,4	4,8	0,5
Погребенная почва МИС 3	30,2	[Ат]	5,8	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
	30,6	[ВСg]	5,4	2,6	0,5	0,8	0,16	0,16	17,3	5,4	0,4
	31,2	[СG]	4,9	2,4	0,6	0,3	0,23	0,12	20,4	5,1	0,3

содержания корневого растительного детрита. Анализ содержания подвижных форм фосфора в профилях ископаемых торфянисто-глеевых почв возраста МИС 3, сформированных на этих отложениях указывает на резкое убывание его в верхних минеральных горизонтах этих почв. Аналогичная картина отмечена и в современных голоценовых почвах - криоземах и глееземах, формирующихся на свежем материале отложений ЛК. При проведении лабораторных экспериментов по выращиванию злаков на материале отложений ЛК в климатроне, за счет высокого исходного содержания в них усвояемых форм фосфора, калия, азота была получена высокая биомасса используемых в эксперименте культур. После проведения 4 циклов выращивания злаков в неизменном объеме грунта его плодородие резко снизилось, что сопровождалось снижением содержания С орг., подвижных форм фосфора и практически полной минерализацией и исчезновением в материале детрита. Резко ухудшились физические свойства материала. Все это позволяет говорить о специфике биогеохимической обстановки позднего плейстоцена на территории Древней Берингии, наиболее характерной чертой которой было накопление продуктов педогенеза преимущественно в форме мобильных соединений, а не в виде гумусовых веществ.

Есть все основания полагать, что сходная ситуация существовала при формировании лессово-почвенных формаций в перигляциальных зонах Евразии. В материале лессовых отложений, сохраняющих признаки синлитогенного почвообразования и выполнявших функции почв, обеспечивавших плодородие формирующихся здесь ландшафтов с их мамонтовой фауной, гумусовые соединения почти полностью отсутствуют. Они появляются в материале профилей погребенных почв в результате смены синлитогенного почвообразования на эпигенное, определяя ведущие признаки их морфологического строения, а также устойчивое во времени плодородие.

Литература

1. Жиготский В.Я. Коренное изменение геохимии ландшафтов на низменностях Северо-Востока СССР на границе плейстоцен-голоцен. Мерзлотно-геологические процессы и палеогеография низменностей Северо-Востока Азии. Магадан, СВКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1982, с. 101 -111.
2. Губин С.В. Педогенез – составная часть механизма формирования отложений позднелейстоценового ледового комплекса. Криосфера Земли. 2002, т. VI, № 3, с. 82 – 91.

УДК 631.48

ВЛИЯНИЕ ЦИКЛИЧНОСТИ В РАЗВИТИИ ПРОЦЕССОВ ЛИТО-, КРИО- И ПЕДОГЕНЕЗА НА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЕ В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ ГОЛОЦЕНОВЫХ ПОЧВ

Л.А. Гуалинская, В.М. Алифанов

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения Российской академии наук, Пушино, e-mail: gugali@rambler.ru; alifanov_v@mail.ru

Вопросы соотношения почвообразования и континентального осадконакопления, роли педосферы в глобальных и региональных денудационно-аккумулятивных циклах обсуждаются в научной литературе с возникновением первых дискуссий при формулировании почвенно-элювиальной гипотезы происхождения лёссов и лессовидных суглинков [1].

Как выяснилось, внутри каждой из природных зон существует большое разнообразие строения профилей зональных почв, и влиянием только биоклиматических факторов это разнообразие объяснить не удастся. Для объяснения этого факта появилась необходимость обратиться к рассмотрению почвенного покрова как продукта граничных условий, зоны столкновения динамических процессов, действующих внутри и на поверхности земной коры, то есть к развитию геогенных факторов почвообразования. Теоретическая

база почвенно-генетических проблем, связанных с изучением литогенной основы почвообразования, расширяется, появляются новые концепции, обосновывающие влияние литогенного фактора на формирование почвенных профилей. И.П. Герасимов [2] ввел в научную литературу понятие о педолитах, М.А. Глазовская [3,4] разрабатывает концепцию педолитогенеза и обосновывает выделение особой земной оболочки - педолитосферы.

В качестве одной из причин, объясняющих современную многовариантность построения генетических моделей зональных почв, мы видим в недоучете того факта, что почвообразующие породы голоценовых почв и собственно почвы формировались не просто в разных биоклиматических условиях, но в разных ледниково-межледниковых макроциклах развития природных процессов, и, следовательно, в недоучете влияния почвообразующих пород на голоценовое почвообразование. Почвообразующие породы формировались в самом конце позднелейстоценового ледниково-межледникового макроцикла (данный макроцикл включает микулинское межледниковье и валдайскую ледниковую эпоху). Почвы же начали своё формирование в самом начале современного макроцикла, совпавшим с началом еще незавершенного голоценового межледниковья. По данным палеогеографов, смена одного макроцикла другим сопровождалась сменой факторов, ответственных за квазиравновесное состояние биосферы на всех иерархических уровнях: глобальном, региональном (провинциальном) и локальном.

Разрабатываемая нами концепция *морфолитопедогенеза* [5, 6] основывается на следующих положениях: процесс морфолитопедогенеза представляет собой единое взаимозависимое развитие трех структурных компонентов ландшафта - участков земной поверхности, пород, слагающих эти поверхности, и почв, формирующихся на этих породах. В результате рассмотрения взаимозависимого развития компонентов ландшафта появилась новая точка зрения на процесс формирования профилей автоморфных суглинистых почв.

История формирования современных суглинистых почв центра Русской равнины оказывается значительно сложнее и длительнее, чем это предполагается в наиболее распространенной модели их генезиса. Большое влияние на процесс формирования профилей почв оказали их почвообразующие породы, которые начали формироваться снизу послыбно задолго до голоцена. Исходя из наших материалов мы считаем, что формирование почвообразующих пород началось после максимального похолодания последней ледниковой эпохи (18-20 тыс. лет назад) и продолжалось все время, в течение которого происходило стадийное и фазальное отступление валдайского ледникового покрова, то есть до начала голоцена. Этот вывод подтверждается тем фактом, что наиболее полные профили дерново-подзолистых и серых лесных почв подстилаются впервые описанной нами погребенной пушинской почвой, имеющей радиоуглеродный возраст 18800+-1200 лет (ГИН-4025). При этом каждый вновь отложенный в поздневалдайское время слой материала какое-то время находился на дневной поверхности и, следовательно, прорабатывался почвообразованием; затем этот слой, уже в виде инициальной почвы или *элементарного почвенного образования* (ЭПО), погребался новым материалом, который вновь прорабатывался почвообразованием, и так далее, до современной поверхности. В результате ритмического слоеобразования и специфической в перигляциальных условиях ледникового времени педогенной проработки поверхностного материала каждого слоя сформировались педогенно стратифицированные толщи - *педоциклиты* и *педолитоциклиты*, представляющие собой композиции из ЭПО. Именно эти сложные природные тела являются почвообразующей породой и определяют строение профилей современных почв.

Временная последовательность накопления слоев пород и формирование педоциклитов в разных перигляциальных условиях оставили яркие *палеокриогенные* и другие реликтовые признаки в толще почвообразующих пород. Эти признаки, сформированные в породах, последовательно слагавших доголоценовые разновозрастные поверхности, всю последующую голоценовую историю оказывали и оказывают сильное влияние на формирование и функционирование современных почв и почвенного покрова. Голоценовое почвообразование, накладываясь на педоциклиты и педолитоциклиты, наследует, стирает, трансформирует или дорабатывает отдельные свойства ЭПО, в результате чего формируются полилитогенные, полигенетические и гетерохронные профили современных почв.

Литература

1. Берг Л.С. Климат и жизнь. М.: Огиз-Географгиз, 1947. 356 с.
2. Герасимов И.П. Природа и сущность древних почв. В кн.: Генетические, географические и исторические проблемы современного почвоведения. М., «Наука». 1976. С. 259-269.
3. Глазовская М.А. Роль и функции педосферы в геохимических циклах углерода // Почвоведение. 1996. № 1. С.23-33.
4. Глазовская М.А. Педолитогенез и континентальные циклы углерода. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009, 336 с.
5. Гугалинская Л.А., Алифанов В.М. Морфолитопедогенез и неотектоника // Почвоведение. № 9. 1995. С. 1061-1070.
6. Гугалинская Л.А., Алифанов В.М. Гипотетический литогенный профиль суглинистых почв центра Русской равнины // Почвоведение. № 1. 2000. С. 102-113.

УДК 911.2:504.05

ГЕОХИМИЯ ЮЖНО-ТАЕЖНЫХ ЛАНДШАФТОВ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЫЛЕГАЗОВЫХ ЭМИССИЙ АЛЮМИНИЕВОГО ЗАВОДА

Н.Д. Давыдова, Т.А. Знаменская

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, e-mail: davydova@irigs.irk.ru

В конце 60-х годов М.А. Глазовская одна из первых в России откликнулась на проблему загрязнения природной среды, изложив на основе методологии геохимии ландшафта свою точку зрения по ряду актуальных вопросов. Среди них такие как в каком направлении пойдет дальнейшее изменение геохимической обстановки поверхности Земли, каковы тенденции этого изменения, какова цепь последствий, связанных с тем или иным воздействием человека на природу? По мнению М.А. Глазовской, основная задача при решении указанной проблемы заключается, прежде всего, в познании закономерностей геохимии различных типов и классов техногенных ландшафтов [1].

Исследования проводятся на территории, подверженной воздействию пылегазовых эмиссий. Объект исследования – южно-таежные плоскогорные геосистемы Средней Сибири, находящиеся около 45 лет в зоне воздействия эмиссий Братского алюминиевого завода (БрАЗа). Сбор полевых материалов проводился по широкой комплексной программе с применением ландшафтно-геохимических методов, разработанных М.А. Глазовской [2]. Исследовались вещественный состав техногенных потоков (по снежному покрову), их первичное распределение в пространстве и вторичная дифференциация поллютантов в элементарных ландшафтах в результате латеральной и радиальной миграции, а также реакция растений на изменившиеся геохимические условия среды обитания. Изучено более 20 химических элементов. Количественный анализ состава почв, твердых аэрозолей (взвесей) и снеговой воды выполнялся в сертифицированном химико-аналитическом центре Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. Пробы почв, взвесей и снеговой воды анализировались на спектрометрах: атомно-эмиссионном с индуктивно связанной плазмой Optima 2000 DV и атомно-абсорбционном с прямой электротермической атомизацией проб Analyst 400 фирмы Perkin Elmer.

В природные системы эмиссии завода поступают в твердой и газообразной форме. Газообразная составляющая представлена преимущественно фтористым водородом (HF) и сернистым газом (SO₂), а твердая – угольной смесью, обогащенной алюминием (30- 40 %) и фтором.

Следует отметить, что в период 1996-2000 гг. в результате выполнения Федеральной целевой программы «Экология города Братска» на БрАЗе проведен комплекс мероприятий по модернизации производства: установлен новый тип электролизеров с автоматической подачей глинозема и герметичным колокольным укрытием, внедряется применение «сухой» анодной массы, «рукавная» очистка электролизных газов. Проведенная работа позволила увеличить выпуск продукции до 1млн. т/год, что сказалось как на общем потоке эмиссий, так и на отдельных ингредиентах. При оценке массы выбросов в атмосферу по данным [3] за период 1987-2008 гг. выделяется три периода: 1 – до модернизации (1988-1996), 2 – после модернизации (1997-2005), 3 – при увеличении выпуска продукции (2006-2008 гг.). В среднем динамика потока веществ во времени характеризуется следующими показателями по указанным периодам, тыс. т/год: 1 – 37,8 (пыль); 3,0 (F тв.); 2,2 (F газ.); соответственно 2 – 21,9; 1,3; 1,2; 3 – 23,7; 2,0; 1,4. Приведенные данные показывают существенное снижение потока веществ в атмосферу во второй период (42; 57; 45 % соответственно) и его увеличение в третий по сравнению со вторым (8; 54; 17 %). В целом к 2008 г. снижение эмиссии пыли, твердых и газообразных фторидов произошло на 38; 33; 36 % соответственно. По результатам мониторинга снежного покрова оно составляет 1,6-2,0 раза [4].

Содержание химических элементов твердых аэрозолей, выделенных из снега, меняется с удалением от завода. Относительно стабильный состав отмечен на расстоянии 1,5-2,0 км. По отношению к твердой фазе почв фона аномальной в последние годы является ассоциация, состоящая из восьми элементов: F_{44,0} Al_{5,3} Ni_{4,8} Cu_{2,1} Zn_{2,0} Pb_{1,9} Mo_{1,8} Co_{1,6}. Почвенные растворы по отношению к фону имеют повышенные концентрации по трем элементам – F₁₂₀ Al₁₂ Na₁₀. ореол загрязнения снежного покрова хорошо совпадает с ореолом загрязнения почвенного покрова. Особенно наглядно это проявляется относительно фтора (рис. а, б). Здесь сформирована устойчивая фторидная алюмо-никелиевая аномалия (F-Al-Ni).

Длительное поступление поллютантов в природную среду привело к их накоплению, как в верхнем гумусовом горизонте почв, так и в более глубоких слоях. Процессы рассеяния и аккумуляции поллютантов в почвах контролируются наличием двух барьеров: адсорбционно-механического, роль которого выполняет иллювиальный горизонт (Вi) на глубине 40-50 см и седиментационного карбонатно-кальциевого (Cca), которые часто следуют друг за другом.

Вследствие многолетнего непрерывного поступления поллютантов в геосистемы фтор по уровню накопления в почвенных растворах можно отнести к макроэлементам. Соответственно и влияние его на почвы очень велико. Замечено, что он производит разрушающее действие на почвенные агрегаты. Это установлено по содержанию коллоидных взвесей в водных вытяжках из почв, в 2-3 раза превышающих количество растворимых солей, а также по увеличению концентрации кремния, что является свидетельством проявления процесса десиликации в техногенных почвах. Напротив, наблюдаемое увеличение содержания валовой формы алюминия указывает на процесс их аллитизации. Таким образом, полученные результаты исследований свидетельствуют о значительной трансформации почв и изменении геохимических процессов, контролируемых химический состав водных растворов.

Проведенный анализ позволяет считать фтор типоморфным элементом, по определению А.И. Перельмана [5], а исследуемые элементарные ландшафты отнести к натриевому алюмо-фторидному (Na⁺ -

Al³⁺ - F⁻) классу водной миграции.

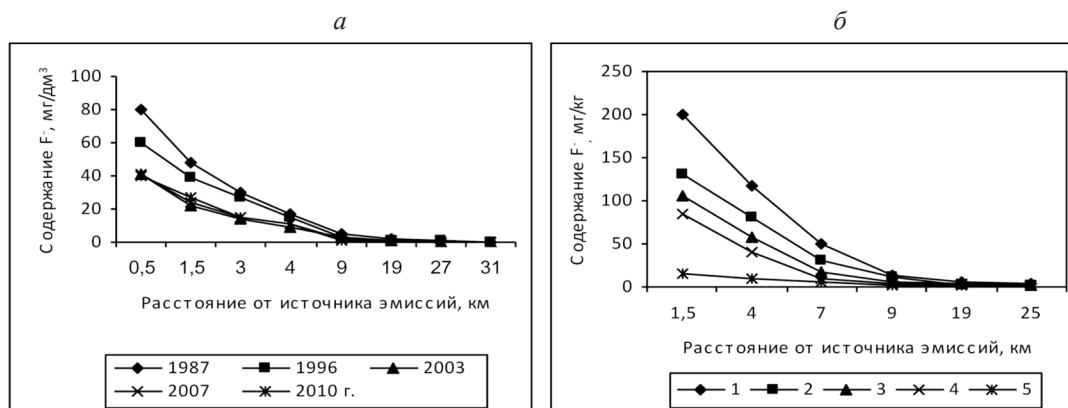


Рис. 1. Распределение водорастворимого фтора в снеговой воде (а) и в почвах (б) на разном удалении от БрАЗа.

Литература

1. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа. 1988. 324 с.
2. Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. М.: Изд-во МГУ. 1964. 230 с.
3. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Иркутской области». Иркутск: Госком. экол. РФ и Адм. обл. 1998-2008. 203 с.
4. Давыдова Н.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова фторидами при производстве алюминия // Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы – биофилы в окружающей среде. Семипалатинск – Казахстан. С. 368-373.
5. Перельман А.И. Геохимия. М.: Высшая школа. 1989. 341 с.

УДК 631.459.2:631.12

ВЛИЯНИЕ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ЛЕСОАГРАРНОГО ЛАНДШАФТА

В.В. Демидов (1, 2), М.П. Волокитин (1)

(1) Институт фундаментальных проблем биологии РАН, Пущино, e-mail: vdem@rambler.ru;

(2) МГУ имени М.И. Ломоносова, Москва

Защита почв от эрозии является не только одна из основных проблем охраны и рационального использования земельных ресурсов, но и частью общей экологической проблемы. При оценке эрозионных процессов главное внимание, как правило, уделяется снижению плодородия почв и как следствие потере урожая. При этом игнорируются другие последствия эрозии почв – качество речных вод, заиление и загрязнение водоемов, нарушение структуры и снижение устойчивости ландшафта к негативным воздействиям и другие.

Наши исследования (2003-2011 гг.) проводились на территории малого водосборного бассейна реки Любожиха правого притока реки Оки. Экспериментальный водосбор расположен на юге Московской области вблизи г. Пущино (Биологический центр Российской Академии Наук). Площадь водосборного бассейна – 18,8 км² (пахотные земли занимают 53%, лес – 38%, луг – 6% и другие – 3%). В настоящее время активно протекают склоновые процессы, приводящие к значительному смыву почв. Основную роль здесь играет сельскохозяйственная деятельность. Наибольший вклад в разрушении почвенного покрова правобережья р. Оки вносит неурегулированный поверхностный сток талых вод при весеннем снеготаянии. Эродирующая деятельность дождей менее заметна, хотя в отдельные годы смыв почвы с незащищенных растительностью поверхностей может достигать больших величин, чем при снеготаянии. Территория водосборного бассейна входит в северную часть Среднерусской возвышенности с абсолютными отметками 180-235 м., при уресе р. Оки равном 110 м. Район исследований расположен в южную часть Московской синеклизы, с глубоким залеганием коренных пород. Осадочные породы представлены отложениями девона, карбона, юры и мела. Моренные отложения перекрывают известняки московского отдела карбона, выходы которых встречаются на крутых склонах балок. По гранулометрическому составу моренные отложения преимущественно тяжелосуглинистого и глинистого состава с отдельными линзами песка, песчано-гравийной смеси, супеси и обломочного материала различной величины и формы. Над моренными и флювиогляциальными отложениями залегают покровные лессовидные суглинки средне-, тяжелосуглинистые и глинистые мощностью 2-3 м., которые являются почвообразующими породами [1].

Водосбор р. Любожихи по геологическому строению, литолого-минералогическому составу отложений, развитию овражно-балочной сети, глубины эрозионных врезов, лесистости и сельскохозяйственному освоению является типичным лесоаграрным ландшафтом центральной части Русской равнины, входящей в состав Заокского эрозионного плато Среднерусской провинции [2].

Почвенный покров территории весьма однородный и представлен собственно серыми лесными почвами среднесуглинистого и тяжелосуглинистого гранулометрического состава.

На неоднородность почвенного покрова существенный отпечаток накладывают склоновые эрозионные процессы, в результате которых смыв и переотложение почвенного материала приводит к образованию серых лесных почв различной степени смытости и намытости. Площадь таких почв составляет около 27%. Известно, что эродированные почвы обладают неблагоприятными водно-физическими и биологическими свойствами, в результате чего их противоэрозионная устойчивость заметно снижается.

Проведенный расчет потерь почвы на склонах различной крутизны, при стоке талых вод показал, что смыв почвы закономерно увеличивался от несмытых серых лесных к слабосмытым и среднесмытым почвам, причем растительный покров играл существенную роль в количестве смытого материала (табл.).

Таблица 1

Зависимость смыва почвы (т/га) стоком талых вод от крутизны склона и агрофона

Почва	Агрофон	Уклон в град.			
		0-2	2-5	5-8	>8
Темно-серая лесная	Зябрь	<1,5	1,5-4,9	4,9-9,2	>9,2
	Озимые	<0,4	0,4-1,3	1,3-2,2	>2,2
	Многолетние травы	<0,05	0,05-0,11	0,11-0,16	>0,16
Серая лесная	Зябрь	<1,6	1,6-5,3	5,3-9,8	>9,8
	Озимые	<0,5	0,5-1,3	1,3-2,4	>2,4
	Многолетние травы	<0,06	0,06-0,12	0,12-0,17	>0,17
Серая лесная слабо смытая	Зябрь	<1,8	1,8-5,9	5,9-11,1	>11,1
	Озимые	<0,5	0,5-1,5	1,5-2,7	>2,7
	Многолетние травы	<0,06	0,06-0,13	0,13-0,20	>0,20
Серая лесная средне смытая	Зябрь	<2,2	2,2-7,0	7,0-13,2	>13,2
	Озимые	<0,6	0,6-1,8	1,8-3,2	>3,2
	Многолетние травы	<0,08	0,08-0,16	0,16-0,23	>0,23

Исследования, проведенные на модельном водосборе р. Любожихи с 2003 по 2011 годы показали, что средняя высота снежного покрова перед снеготаянием колебалась от 18 см в лесу до 57 см на прочих (луговые и селитебные) территориях.

Запасы воды в снеге перед снеготаянием колебались от 59 мм до 101 мм. В среднем запасы воды в снеге с учетом выпадения осадков за период снеготаяния составили 126 мм.

Формирование стока талых вод и смыва почвы зависит от температурного режима в период снеготаяния. Продолжительность же половодья зависит от общей ситуации, складывающейся на территории водосборного бассейна. Проведенные исследования показали, что продолжительность половодья может колебаться от 23 дней до 31 дня.

За период наблюдений наибольший суточный объем стока талых вод составил 162593 м³/сут.

Наблюдения за стоком взвешенных наносов, показал, что с поверхностным стоком талых вод выносятся достаточно большое количество почвенного материала. Проведенный нами анализ мутности талых вод р. Любожихи (определялось количество взвешенных частиц) показал, что содержание взвешенных наносов зависит от объема стока и временного периода снеготаяния. Во все годы исследований наибольшее содержание взвешенных частиц наблюдалось в период максимума стока. Наблюдения за содержанием взвешенных наносов проводились нами в трех точках. Непосредственно в водах р. Любожихе, ее левого притока и после плотины пруда. Анализ показал, что во все годы наблюдений мутность воды левого притока была в 1,2-2,9 раза выше по сравнению с содержанием их в воде р. Любожихи.

Установлено, что экстремально жаркие и засушливые погодные условия 2010 г оказали заметное влияние на сток в 2011 г. Значительное иссушение почв в 2010 г снизило поверхностный сток и увеличило внутрипочвенный. По сравнению с 2010 г объем стока уменьшился с 706 тыс. м³ до 397 тыс. м³, или в 1,8 раза. Содержание взвешенных частиц (мелкозема), в речных водах, был минимальным за весь период наблюдений, и не превышало - 787 мг/л. Общие потери почвы с водосборного бассейна р. Любожихи также были небольшими - 152 т, или 8,1 т/км².

Литература

1. Алифанов В.М. Палеокриогенез и современное почвообразование. Пушино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1995. 318 с.
2. Смирнова Е.Д. Физико-географическое районирование Московской области. // Земледелие, 1963, т. 6 (46). С.82-89.

УДК 631.48:930.26

ВЕКОВАЯ ДИНАМИКА ЗАСОЛЕННОСТИ ПОЧВ НИЖНЕВОЛЖСКИХ СТЕПЕЙ В СВЯЗИ С ИЗМЕНЧИВОСТЬЮ УВЛАЖНЕННОСТИ КЛИМАТА ЗА ИСТОРИЧЕСКОЕ ВРЕМЯ

В.А. Демкин

*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пушкино,
e-mail: demkin@issp.serpukhov.su*

К характерным признакам большинства почв Нижнего Поволжья относится наличие аккумуляций легкорастворимых солей и гипса. Их содержание и особенности профильного распределения, с одной стороны, отражают условия почвообразования, прежде всего степень атмосферной и грунтовой увлажненности; с другой, – напрямую или опосредованно регулируют протекание многих элементарных почвенных процессов, формирующих облик ландшафтов на различных этапах их развития. В связи с этим особенно важное значение имеет познание закономерностей миграции солей в почвенно-грунтовой толще в связи изменчивостью условий почвообразования за историческое время (последние 5000-6000 лет). Значительный прогресс в этой области, достигнутый в последние два десятилетия, обязан широкомасштабным исследованиям в степной зоне Евразии палеопочв археологических памятников, прежде всего курганов, эпох энеолита, бронзы, раннего железа и средневековья (IV тыс. до н.э. – XIV в. н.э.) [1-7].

Рассмотрим на примере нескольких подкурганых педохронорядов, приуроченных к дренированным ландшафтам различных природных районов Нижнего Поволжья, закономерности вековой изменчивости средневзвешенного содержания легкорастворимых солей и гипса в почвенно-грунтовой толще. В сухостепной зоне исследованные объекты расположены на юге Приволжской возвышенности (первая высокая надпойменная терраса р.Иловли, левый приток Дона), на Северных Ергенях (балочно-речной водораздел) и в Прикаспийской низменности (островной ареал сухой степи, Эльтонская равнина). В пустынно-степной зоне они находятся на Северных (балочно-речной водораздел) и Южных (балочно-речной водораздел) Ергенях и в Прикаспийской низменности (приволжская часть раннехвалынской равнины).

Как свидетельствуют полученные данные, степень засоления почв нижеволжских степей за последние 6000 лет характеризовалась весьма значительной динамикой. Средневзвешенное содержание легкорастворимых солей и гипса в расчетной толще (1,5-2 м) нередко изменялось на порядок, а разница по этим параметрам между почвами отдельных хроносрезов достигала 3-6 и 8-10 раз соответственно. Следует отметить, что вековая изменчивость засоленности почв во всех природных районах имела одну и ту же закономерность. Наименьшее содержание солей и гипса отмечалось в золотоордынское время средневековья (XIII-XIV вв. н.э.). Сравнительно небольшое их количество, как правило, близкое к современному, было в палеопочвах эпох энеолита и ранней бронзы (IV – первая половина III тыс. до н.э.). Процесс рассоления почвенно-грунтовой толщи активизировался в середине II тыс. до н.э., а также в I и IV вв. н.э. На протяжении III тыс. до н.э. происходило заметное соленакопление, что особенно хорошо фиксируется на примере подкурганного педохроноряда, исследованного на юге Ергенинской возвышенности. Этот процесс, скорее всего, достиг максимума на рубеже III-II тыс. до н.э., что подтверждается наибольшим содержанием солей и гипса в каштановидных палеопочвах данного хроноинтервала, изученных нами в различных районах Приволжской и Ергенинской возвышенностей, Прикаспийской низменности. Еще один, но кратковременный, период засоления почв приходился на II-III вв. н.э.

Палеопочвы недренированных ландшафтов Прикаспийской низменности (Сарпинская ложбина, Бессточная равнина и др.) наиболее засоленными были в III-II тыс. до н.э. в связи с высоким уровнем залегания минерализованных грунтовых вод. Процесс их рассоления, обусловленный снижением базиса эрозии, начался лишь во второй половине II тыс. до н.э. В дальнейшем он, вероятно, носил циклический характер, сменяясь в аридные климатические эпохи засолением.

Таким образом, на протяжении последних 6000 лет закономерности вековой динамики содержания легкорастворимых солей и гипса в почвах как сухих, так и пустынных степей Нижнего Поволжья были однотипными. В течение упомянутого хроноинтервала происходила периодическая смена процессов засоления и рассоления, которые имели различную длительность и масштабы. С первой половины IV до середины III тыс. до н.э. запасы солей и гипса в двухметровой почвенно-грунтовой толще сохранялись примерно на одном уровне и были сопоставимы с их современными показателями. Наиболее интенсивное соленакопление пришлось на вторую половину III тыс. до н.э. В позднебронзовом веке (II тыс. до н.э.) развитие почв в целом протекало на фоне рассоления. Максимальное же снижение их засоленности за историческое время произошло в эпоху развитого средневековья (XIII-XIV вв. н.э.), когда содержание солей и гипса по сравнению с предшествующими периодами в среднем снизилось более чем в пять раз. Для раннежелезного века (вторая половина I тыс. до н.э. – первая половина I тыс. н.э.) было характерно чередование кратковременных этапов (100-200 лет) засоления/рассоления, не приводивших к определенной трансформации солевого и гипсового профилей палеопочв.

Выявленные закономерности вековой динамики засоленности палеопочв Нижнего Поволжья в значительной мере определялись изменчивостью климата за историческое время. На основе данных почвенно-археологических исследований разновозрастных курганов нами проведена реконструкция изменения его увлажненности за последние 6000 лет [5]. С учетом таксономической принадлежности палеопочв, степени их засоленности, гумусированности, солонцеватости и др. дана оценка нормы атмосферных осадков в прошлые исторические эпохи по сравнению с современной. При реконструкции увлажненности климата принимался в расчет и тот факт, что в настоящее время разница в среднегодовом количестве осадков в сухих степях Волго-

Донского междуречья и в пустынно-степной зоне Заволжья составляет 50-70 мм.

Полученные данные свидетельствуют о том, что в IV тыс. до н.э. палеопочвы региона развивались в условиях повышенной атмосферной увлажненности с нормой осадков более 400 мм/год. Природная обстановка, наиболее близкая современной, имела место в конце IV – в первой половине III тыс. до н.э. Около 5000 лет назад началась постепенная аридизация климата, продолжавшаяся на протяжении тысячелетия и достигая максимума на рубеже III-II тыс. до н.э. За это время среднегодовая норма атмосферных осадков снизилась не менее чем на 100-150 мм и достигла уровня 200-250 мм/год. В конечном счете около 4000 лет назад в степях Нижнего Поволжья возник самый масштабный палеоэкологический кризис за последние 6000 лет. Мы считаем, что резкая аридизация климата в конце III тыс. до н.э. имела глобальный характер. Она зафиксирована в ряде регионов степей и пустынь Евразии, в частности, на Ближнем Востоке, в Верхней Фракии, в Северном Причерноморье, в Средней Азии. В XVIII-XVII вв. до н.э. в исследуемом регионе началось смягчение климатических условий с увеличением количества атмосферных осадков до 300-400 мм/год в сухих степях Волго-Донского междуречья и до 250-350 мм/год в пустынно-степной зоне Заволжья. Пик этого увлажнения пришелся, вероятно, на середину II тыс. до н.э. и повлек за собой значительные эволюционные преобразования почв со сдвигом ландшафтных рубежей к югу. Очередной засушливый этап приходился на конец II – первую треть I тыс. до н.э. Время существования савромато-сарматской культурно-исторической общности (VI в. до н.э. - IV в. н.э.) в климатическом отношении можно рассматривать как эпоху чередования микроплювиальных и микроаридных периодов продолжительностью до 100–150 лет. В частности, относительно влажными климатическими условиями как в Волго-Донском междуречье, так и в Заволжье характеризовались V и I вв. до н.э., I и IV вв. н.э. (380–400 и 300-350 мм/год соответственно), а наиболее засушливыми – IV-III вв. до н.э., вторая половина II – первая половина III вв. н.э. (330–350 и 250-280 мм/год). Промежуточная и близкая ситуация по степени увлажненности имела место в первой половине II в. н.э. и во второй половине III в. н.э. (350–380 и ~300 мм/год). В эпоху развитого средневековья (XII-XIV вв. н.э.) произошли довольно существенные изменения климата в сторону гумидизации. Среднегодовая норма атмосферных осадков превышала современную на 70-100 мм. Увеличение атмосферной увлажненности повлекло за собой региональную миграцию природных рубежей к югу, в частности, экспансию сухостепных ландшафтов в пределы пустынно-степных. На основании палеопочвенных данных мы можем говорить о существовании в нижневолжских степях «средневекового климатического оптимума», пик которого приходился на XIII век.

Таким образом, направленность и скорость миграции солей в почвах нижневолжских степей за историческое время прежде всего определялась вековой динамикой климата, периодической сменой аридных и гумидных эпох различной продолжительности и выраженности.

Исследования проводились при поддержке РФФИ и Программы фундаментальных исследований Президиума РАН.

Литература

1. Александровский А.Л., Александровская Е.И. Эволюция почв и географическая среда. М.: Наука, 2005. 223 с.
2. Геннадиев А.Н. Почвы и время: модели развития. М.: МГУ. 1990. 232 с.
3. Геннадиев А.Н., Пузанова Т.А. Эволюция почвенного покрова Западного Прикаспия в голоцене // Почвоведение. 1994. №2. С.5-15.
4. Демкин В.А. Палеопочвоведение и археология: интеграция в изучении истории природы и общества. Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1997. 213 с.
5. Демкин В.А., Борисов А.В., Демкина Т.С. и др. Волго-Донские степи в древности и средневековье (по материалам почвенно-археологических исследований). Пушкино: SYNCHROBOOK, 2010. 120 с.
6. Иванов И.В. Эволюция почв степной зоны в голоцене. М.: Наука, 1992. 143 с.
7. Рысков Я.Г., Демкин В.А. Развитие почв и природной среды степей Южного Урала в голоцене. Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1997. 165 с.

УДК 631.47

ФОССИЛИЗОВАННЫЙ ОРГАНИЧЕСКИЙ УГЛЕРОД В ПАЛЕОПОЧВАХ И ОТЛОЖЕНИЯХ ПЛИОЦЕНОВОГО ВОЗРАСТА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

М.И. Дергачева (1), Н.В. Ваишкевич (2)

(1) Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, e-mail: mid555@yandex.com

(2) Иркутский государственный университет, Иркутск, e-mail: nadiav@bk.ru

Одним из механизмов поддержания устойчивости углеродного цикла в биосфере является фоссилизация органического углерода, в процессе которой определенная часть этого элемента удаляется из активного кругооборота, частично сохраняясь в фоссилизированном виде в палеопочвах и вмещающих их отложениях тысячи и даже миллионы лет. Часть органического углерода возвращается в его круговорот при определенных условиях, но довольно значительная часть в настоящее время обнаруживается в виде остаточного запасенного углерода, являясь резервом пополнения CO₂ в атмосфере.

На фоссилизацию органического углерода в континентальных условиях практически обратили внимание только в последние 25 лет, после того, как М.А. Глазовская [1, 2] поставила вопрос о необходимости учета в глобальном цикле углерода его стока в континентальные отложения, привела расчеты запасов фоссилизированного углерода в основных типах почв Восточно-Европейской равнины, показала, что суммарные

запасы такого стабильного углерода в толщах континентальных отложений на порядок превышают его запасы в активном слое (0–100 см) современных почв и рассчитала примерную скорость оттока органического углерода в фоссиллизационный фонд. До этого времени такой учет в моделировании процесса круговорота углерода предусмотрен не был и даже в одной из наиболее подробных схем континентального автотрофно-гетеротрофного цикла углерода, предложенной К.И. Кобак [3], он не был учтен.

Оценки запасов фоссиллизованного углерода в палеопочвах и отложениях плиоцена не проводилось, хотя третичные отложения, во-первых, содержат серию палеопочв с мощными гумусово-аккумулятивными горизонтами и сохранившимися немалыми запасами органического углерода в них, и, во-вторых, они часто при экзогенных процессах выходят на дневную поверхность, что может привести к минерализации фоссиллизованных органических веществ.

В качестве объектов исследования рассматриваются плиоценовые палеопочвы и вмещающие их отложения в Предбайкалье, вскрытые разрезами (о. Ольхон, Байкал) и в Забайкалье – разрезом Удунга (Селенгинское среднегорье).

Рассматриваемые отложения на о. Ольхон, относящиеся к одонимской пачке (началу нижнего плиоцена), а также хорошо стратифицированной и всесторонне изученной харанцинской свите, охватывают период примерно в 5,4 млн.лет, являются стратотипом плиоценовых отложений Байкальской зоны и содержат ряд палеопочв от палеослитоземов и разных подтипов коричневых палеопочв до лесных [4]. Глубоко почвенные разрезы мощностью до 3,5–4,0 м, вскрывающие эти отложения, четко сопоставляются, коррелируют между собой, позволяют воссоздать достаточно полную стратиграфическую колонку плиоценовых отложений и рассчитать запасы органического углерода и отдельных компонентов гумуса для всей хорошо сохранившейся на о. Ольхон плиоценовой толщи отложений. Рассматриваемые палеопочвы и отложения имеют тяжелосуглинистый и глинистый состав. Только в одном разрезе присутствует 30-см толща с более легким гранулометрическим составом, чем все остальные отложения этого периода. Общая мощность изученных отложений составляет 11,2 м.

Рассматриваемые отложения в Забайкалье вскрыты разрезом Удунга (который является стратотипом плиоценовых отложений Западного Забайкалья), находящемся в долине реки Темник на юго-западном склоне Хамбинского хребта [5]. В нем четко выделяются три гумусовых (и сопряженных с ними) горизонта на глубинах 460-540 см, 400-430 и 335-370 см, перекрытых сверху отложениями более молодого, чем плиоценовый, возраста. Основная масса этих отложений сложена глинистыми и тяжелосуглинистыми осадками, лишь примерно 20% толщи отличается относительно более легким гранулометрическим составом.

Масштабы фоссиллизации рассчитывались для общего органического углерода, углерода гуминовых кислот и фульвокислот как ближайших источников пополнения цикла углерода, а также гумина как углеродистого компонента, наиболее прочно связанного с минеральной частью палеопочв. Расчет проводился на основании полученных результатов по содержанию углерода в субэдральных отложениях плиоценового возраста, доли разных групп гумусовых веществ и имеющихся усредненных данных по объемным массам осадков для основных пород и горизонтов палеопочв [6].

Средние величины объемных масс в отложениях и горизонтах плиоценовых почв колеблются в небольших пределах 1,61-1,69 г/см³, в изученных нами отложениях близки, составляя в среднем 1,68 г/см³, хотя очень небольшая часть осадков имеет объемную массу менее 1,60 г/см³. Количество общего органического углерода ($C_{орг}$) колеблется в пределах 0,11–0,91% в палеопочвах и вмещающих их отложениях о. Ольхон и 0,14–0,34% в отложениях, вскрытых разрезом Удунга.

Результаты расчетов показали, что наиболее древняя палеопочва на о. Ольхон, сформированная в начале нижнего плиоцена – палеослитозем – в гумусированной толще мощностью 1 м имеет относительно высокие запасы общего органического углерода, составившие 7,8 кг/м², из которых наибольшая доля (63%) приходится на наиболее прочно связанные с минеральной частью палеопочвы гумусовые вещества – гумины, и лишь 26% и 11% от общих запасов углерода – соответственно на гуминовые кислоты и фульвокислоты. Расположенные выше слитоземов темно-коричневые почвы отличаются совершенно иной структурой запасов углерода в гумусовых веществах: 8,5 кг/м² $C_{орг}$ на долю гуминов приходится лишь 26%, тогда как гуминовые кислоты являются преобладающим компонентом и составляют 46% от его запасов. Аналогичная закономерность характерна и для коричневых палеопочв, расположенных выше: из 6,6 кг/м² общего органического углерода на долю гуминов приходится 26%, а гуминовые кислоты преобладают. В последующий период похолодания климата структура запасов органического углерода вновь существенно изменилась, характерной особенностью их стало преобладание углерода, стабилизированного гуминами, доля которых составила почти 60%.

Для плиоценовых палеопочв местоположения Удунга общий запас $C_{орг}$ во всей толще плиоценовых отложений достигает 7,7 кг/м², в метровой гумусированной толще – 3,2 кг/м². Структура его близка к таковой слитоземов: около 65% приходится на гумины, 24% – на гуминовые кислоты и только 13% – на фульвокислоты.

Таким образом, отложения, относимые к плиоцену, как в Предбайкалье, так и Забайкалье, характеризуются небольшими колебаниями запасов фоссиллизованного $C_{орг}$ (6,6–8,8 кг/м²), но структура этих запасов различна: в самых ранних и сформированных на заключительном этапе образования отложений харанцинской свиты палеопочвах, основная доля углерода принадлежит гуминам, в разных подтипах коричневых палеопочв, последние составляют немногим более, чем 25%, а преобладающим является углерод, закрепленный гуминовыми кислотами. Такая структура органического углерода в изученных палеопочвах свидетельствует, что палеопочвы теплых и сухих условий формирования (коричневые) при выходе на дневную поверхность будут более подвержены процессам минерализации, чем почвы, сформированных как в теплых, так и холодных, но влажных условиях.

Литература

1. Глазовская М.А. Педолитогенез и накопление органического углерода в четвертичных покровах равнин Евразии // Известия РАН. Сер. геогр., 1996.– №5.– С. 21–32.
2. Глазовская М.А. Фоссилизационные функции педосферы в континентальных циклах органического углерода // Почвоведение, 1997.– №3.– С. 280–289.
3. Кобак К.И. Биотические компонента углеродистого цикла. Гидрометеиздат, 1988.– 146 с.
4. Воробьева Г.А. Мац В.Д., Шимараева Голоцен–эоплейстоценовое почвообразование на Байкале // Геология и геофизика, 1987.– №9.– С. 20-29.
5. Калмыков Н.П. Палеогеография и эволюция биоценоотического покрова в бассейне озера Байкал. Ростов-на-Дону: Изд-во Рост.ун-та, 2003.– 240 с.
6. Дергачева М.И., Вашукевич Н.В., Гранина Н.И. Гумус и голоцен–плиоценовое почвообразование в Предбайкалье. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000.– 204 с.

УДК 550.84: 502.7

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ НА РАВНИННЫХ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ (НА ПРИМЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)

Н.К. Дмитриева, Л.К. Карпов, Е.П. Сорокина

ФГУНПП «Аэрогеология», Москва, e-mail: dnk@aerogeologia.ru

Геохимическая оценка равнинных территорий перспективного нефтегазового освоения на примере Западно-Сибирского региона представляет собой часть общих исследований по региональному геохимическому изучению России. Экологические аспекты этих работ связаны с оценкой фонового состояния территории, характеристикой интенсивности техногенного воздействия на природную среду (ПС) и определением реакции ПС на такое воздействие. Коллективом сотрудников ФГУНПП «Аэрогеология» при геоэкологических исследованиях территории севера Тюменской области с начала 90-х гг. получен обширный геохимический материал, на основании которого проведено ландшафтно-геохимическое районирование равнинной части Ямало-Ненецкого автономного округа [1]. При обобщении и интерпретации геохимических данных выявлен ряд важных закономерностей в строении геохимического поля природных и техногенных ландшафтов.

1. Основной региональной единицей в ландшафтной структуре территории является *ландшафтно-геохимическая провинция*, которая характеризуется распространением геохимических ландшафтов одного типа (и подтипа) с общими условиями формирования их литогенной основы. Провинция представляет собой оптимальную единицу при расчете регионального геохимического фона компонентов ПС (почвы, почвообразующего субстрата, поверхностных вод и донных отложений)

2. Значения потенциала самоочищения ПС от загрязняющих веществ на изучаемой территории изменяются от среднего до очень низкого. Самая низкая способность к самоочищению свойственна переувлажненным озерно-ледниковым равнинам с распространением верховых и переходных торфяных болот

3. Основные элементы-индикаторы геохимических процессов - цинк, бор, стронций, марганец, барий, кобальт, никель, свинец; для них характерна высокая интенсивность водной миграции, высокая степень биологического поглощения, а также заметная способность к накоплению на радиальных (биогеохимическом и ферраллитном сорбционном) и латеральных геохимических барьерах.

4. Геохимические аномалии в природных ландшафтах включают широкий круг микроэлементов: V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Sr, Ag, Sn, Ba, Pb. Кроме того, формируются аномалии битуминозных веществ и их составляющих, в первую очередь полиароматических углеводородов. При характеристике аномалий эта группа веществ выделяется под условным названием «нефтепродукты» (НП). Образование аномальных геохимических полей связано с вторичными ореолами рассеяния нефтяных и газовых месторождений, а также с локальными концентрациями микроэлементов в ландшафте на геохимических барьерах

Вещественный состав первичных и вторичных геохимических ореолов формируется из подвижных компонентов, образующих нефтяную и газовую залежи, включая углеводороды и их спутники, а также продуктов их геохимического и биогеохимического взаимодействия с геологической средой. К *углеродистым (органическим) компонентам* литохимических ореолов, имеющим индикационное значение, относятся: битуминозные вещества, полициклические ароматические углеводороды, органический (некарбонатный) углерод. Наиболее информативным *минеральным компонентам* литохимических ореолов, относятся микроэлементы и новообразования эпигенетических минералов.

В геохимических ореолах отмечаются аномальные концентрации таких *рассеянных элементов*, как I, Br, B, Cl, Hg, U, Ra, K, Ni, V, Mn, Fe, Ti и других элементов-примесей нефтяных месторождений. Металлы мигрируют в форме металлоорганических соединений, образуя субвертикальные ореолы подвижных химических элементов [2].

Таким образом, на территории всей Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции в поверхностной части ландшафтов существуют геохимические признаки, указывающие на присутствие в осадочной толще залежей углеводородов на значительной глубине (1,5 км и более). Наличие таких признаков – т.е. вторичных ореолов может быть положено в основу проведения геохимических поисков на территории Западной Сибири [3].

5. Техногенные геохимические аномалии образуются во всех компонентах ландшафта при загрязнении природной среды на территориях интенсивного хозяйственного освоения - в первую очередь на нефтяных и газовых промыслах, а также на территориях городов и поселков. Среди загрязняющих веществ большую роль

играют НП; формируются также аномалии микроэлементов. Они характеризуются полиэлементным составом и достигают в ряде случаев высокого уровня интенсивности.

В составе аномалий преобладают Ba и Zn. Существенная часть аномальных точек включает Sr, Ag, Pb, Cu; реже встречаются аномалии Ni, Co, Mn, V, Cr, Ga, Sn. Эта характеристика состава имеет свои особенности для аномалий, связанных с разными техногенными объектами.

Для *горнодобывающих объектов* - т.е. территорий разведки и добычи нефти и газа – основное загрязнение местности связано с аварийными ситуациями (разрывы нефтепроводов, утечки загрязнителей из резервуаров и др.). В составе аномалий преобладают НП и растворимые соли. Для аномалий микроэлементов отмечается повышение доли Ba, Sr, Zn по сравнению со средним уровнем для территории в целом; это связано с загрязнением площадок месторождений буровыми растворами, которые обогащены названными элементами. Интенсивность аномалий достигает для целого ряда элементов ураганных значений. Аномалии высокой интенсивности характеризуются также комплексными геохимическими ассоциациями. Типичный состав комплексной ассоциации высокой интенсивности следующий:

Ba Sr Zn Cu Pb Ag (Mn Co Ni Ga)

Наряду с этим встречаются аномалии низкой комплексности и интенсивности – чаще всего моноэлементные (Ba) или двухэлементные (Ba Sr, Ba Ag).

Аномалии, приуроченные к *селитебным объектам* (территории городов, поселков, свалок) отличаются повышенной долей Zn и относительно пониженной –Ba и Sr по сравнению со средним составом техногенных аномалий. Встречаемость Cu, Ag, Pb близка к среднему уровню. Из мало распространенных элементов отмечается возрастание доли Co, Ni, Cr, Sn. С этой группой объектов связаны максимальные для техногенных аномалий ураганные значения Ag, Ni, Cu, высокие концентрации Ba, Pb. Интенсивные аномалии чаще всего характеризуется следующим составом геохимической ассоциации:

Zn Ba Cu Pb Ag Co Ni (Sn Cr Mn Sr)

Аномалии в окрестностях *транспортных объектов* лишены характерных особенностей, которые позволили бы выделить эту группу из общего массива. Основной аномалиеобразующий элемент – барий. Большая часть аномалий моноэлементные, реже двух- или трехэлементные. Наиболее интенсивны аномалии Ni, Ba и Mn.

В целом, геохимические аномалии, связанные со всеми типами техногенных объектов, характеризуются: а) полиэлементным составом; б) точечным, дискретным характером расположения на местности. В пределах загрязненной территории точечные аномалии микроэлементов соседствуют с аномалиями НП и бенз(а)пирена. В некоторых случаях отмечается их пространственное совпадение; однако чаще микроэлементные и «органические» аномалии разобщены между собой.

Техногенные аномалии формируются во всех компонентах ландшафта; их ассоциации включают весь комплекс перечисленных выше элементов. Чаще всего аномалии в почве имеют аэрогенное происхождение, на что указывает приуроченность наиболее контрастных геохимических аномалий к местам горения факелов на участках эксплуатации месторождений и к промышленным зонам на территории поселков. Аномалии в донных отложениях тесно связаны с техногенным загрязнением поверхностных водотоков.

б. Таким образом, аномалии в различных компонентах ПС отражают, с одной стороны, «дыхание» нефтяных и газовых залежей, с другой – воздействие техногенных выбросов на природную среду. Разделение этих процессов – достаточно сложная задача, поскольку комплекс геохимических индикаторов для природных и техногенных аномалий аналогичны. Вторичные ореолы нефтяных и газовых месторождений слабо контрастны и в своем распространении тяготеют к проекции на земную поверхность тектонических нарушений, в особенности – к морфоструктурным узлам. Отличительным признаком техногенных аномалий является их повышенная контрастность, локализация в отдельных точках, четкая привязка к конкретным источникам загрязнения.

Проведенные региональные исследования позволили установить общие закономерности строения геохимического поля в компонентах ПС на севере Западной Сибири. Результаты исследований могут быть использованы при экологической оценке состояния ПС на территориях интенсивного недропользования и селитебных объектов изучаемого региона.

Литература

1. Сорокина Е.П., Дмитриева Н.К., Карпов Л.К., Масленников В.В. Анализ регионального геохимического фона как основа эколого-геохимического картирования равнинных территорий (на примере северной части Западно-Сибирского региона). /Прикладная геохимия, вып.2, М.: Изд-во ИМГРЭ, 2001. С. 316 - 338
2. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. М.: Изд-во МГУ, 1993. 208 с.
3. Геохимические методы поисков месторождений нефти и газа. М.: Наука, 1983.

УДК 631.471:551.4

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ СОПРЯЖЕНИЯ В СТРУКТУРЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА БАРАБИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Н.И. Добротворская

Сибирский научно-исследовательский институт земледелия и химизации сельского хозяйства, Новосибирск, e-mail: dobrotvorskaya@mail.ru

Барабинская низменность – обширная пониженная бессточная равнина – в условиях семиаридного климата сформировалась как область аккумуляции легкорастворимых солей. Однако пространственное распределение их в Барабе в значительной степени зависит от характера поверхности, мезо- и микрорельефа, который существенно различается в разных частях низменности. Ключевые участки, выбранные для исследования, приурочены к трем геоморфологическим округам: Приобскому плато, высокой и низкой геоморфологическим ступеням Барабы, – и расположены последовательно в направлении общего понижения территории с северо-востока на юго-запад, отражая основные закономерности геохимии низменности – нарастание гидроморфизма и засоления ландшафта. Ключевым участкам присвоены названия населенных пунктов, вблизи которых проводились исследования – «Кремлевское», «Кабинетное», «Петраки» (рис. 1).

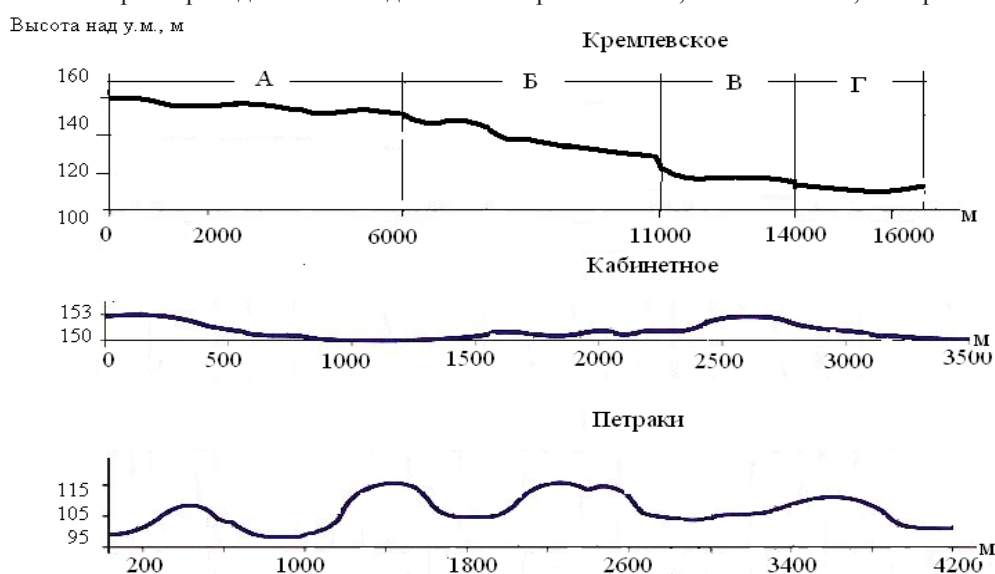


Рис. 1. Характер рельефа ключевых участков исследования в Барабинской низменности

Геоморфологический профиль «Кремлевское» представляет собой мезокатену, которую можно разделить на четыре позиции: элювиальный ландшафт А, транзитный – Б, элювиально-аккумулятивный – В, и аккумулятивный – Г. Каждый из них в свою очередь может рассматриваться как микрокатена более низкого порядка. Участок А с отметками выше 152,5 м над уровнем моря имеет угол уклона всего 0,1°. На замкнутых округло-овальной формы возвышениях формируются черноземы выщелоченные Ч^в. Баланс веществ в биогеоценозах элювиальных позиций определяется в основном миграцией циклического типа [1], осуществляющей биологический круговорот углерода и азота; отчасти, вертикальной – поступлением веществ с атмосферными осадками - и плоскостной, связывающей биогеоценоз с нижележащими ареалами. Подчиненные поверхности образуют элювиально-аккумулятивные позиции, занятые лугово-черноземными карбонатными почвами Чл^к в комплексе с серыми лесными осолоделыми Лс^{сд}. Поступление вещества в Чл^к кроме атмосферных осадков и бокового притока с повышений осуществляется с периодически подтягивающимися пленочно-капиллярными растворами. Между ЭПА автоморфных Ч^в и полугидроморфных Чл^к существует односторонняя водно-миграционная связь.

В слабо выраженных плоских микропонижениях участка А сформировались солоды луговые Сд^л, а по периферии понижений – луговые солончаковатые почвы Лг^{ск}. Формирование комбинации солодей луговых и луговых солончаковатых почв обусловлено образованием геохимического солончакового барьера на границе между ареалами с процессом выщелачивания (в солодах) и процессом аккумуляции (эффект «фитиля» в солончаковатых почвах). Таким образом, в этой позиции участка А связь между ЭПА также водно-миграционная, но механизм дифференциации испарительно-промывной.

Участок Б с абсолютными отметками 152,5 – 118,75 м над у.м. имеет более выраженный уклон к северо-востоку (0,3°) и заканчивается достаточно крутым склоном (6,6°) древнего приозерного вала. Это обстоятельство усиливает процесс поверхностного выщелачивания. С другой стороны, более высокий уровень залегания грунтовых вод по сравнению с участком А обуславливает усиление проявления процесса осолодения. Поэтому основной фон этого участка составляют комплексы лугово-черноземных выщелоченных почв Чл^в с серыми лесными осолоделыми с долей участия до 10%.

Отрезок профиля В (высота над у.м. 118,75-112,5 м) характеризуется преобладанием элювиально-аккумулятивных обстановок. На локальных замкнутых повышениях формируются не автоморфные почвы,

как это было на участках А и Б, а полугидроморфные лугово-черноземные карбонатные, что связано с близким стоянием грунтовых вод; в многочисленных локальных понижениях – ареалы солодей луговых и лугово-болотных перегнойных почв Бл^п.

Участок Г (высота над у.м. 112-107 м) представляет собой супераккумулятивную позицию описываемой мезокатены и характеризуется преобладанием вогнутых поверхностей с многочисленными микропонижениями. Это обуславливает доминирование аккумулятивных процессов в почвах, различающихся степенью проявления в микропонижениях и на сопряженных с ними микроповышениях. Совокупность процессов осолодения, осолонцевания, торфообразования формирует чрезвычайную комплексность почвенного покрова.

В отличие от ландшафтов Приобья самые высокие местоположения на объекте «Кабинетный» нельзя отнести к элювиальным элементарным ландшафтам. Малые превышения высот повышенных элементов мезорельефа над пониженными и близкое стояние грунтовых вод обуславливает их полугидроморфный, а не автоморфный режим.

Геохимическая обстановка здесь связана, с одной стороны, с прохождением гумусово-аккумулятивного почвенного процесса, миграцией циклического типа, с другой стороны, вертикальной – просачиванием воды вглубь профиля, способствующим в условиях слабого подщелачивания грунтовыми водами проявлению процесса осолодения, следствием которого является обеднение гумусового горизонта лугово-черноземных почв полуторными окислами и относительное обогащение кремнеземом.

Верхние и средние части склонов – транзитная позиция катен - заняты почвами с преобладанием процессов осолонцевания почвенного профиля – черноземно-луговые солонцеватые Чл^{сн}, солонцы глубокие Сн^{п4} и средние Сн^{п3}. Здесь осуществляется миграция веществ по смешанному типу – вертикально-плоскостная, посредством которой обеспечивается обмен между соседними биогеоценозами, а также между биогеоценозом, атмосферой и грунтовыми водами, влияние которых по мере снижения высоты местоположения усиливается.

Нижние выположенные части склонов образуют трансаккумулятивную позицию катены. Она характеризуется значительным влиянием грунтовых вод на весь почвенный профиль. Тип миграции преимущественно вертикальный восходящий, что обуславливает поступление большого количества солей из грунтовых вод. Испарительно-промывной механизм дифференциации почв в данной позиции обуславливает формирование комплексов луговых солончаковатых и солончаковых почв с солодами луговыми Лг^{ск,сч}Сд^п.

Катены заканчиваются бессточными обширными понижениями. Поступление солей из грунтовых вод и в грунтовые воды, по данным Базилевич Н.И. [2], практически одинаково, но бессточность аккумулятивной позиции приводит к относительному засолению почв за счет поверхностного стока. Таким образом, территория Барабы на высокой геоморфологической ступени характеризуется преобладанием аккумулятивных обстановок, в которых формируются лугово-болотные перегнойные Бл^п, болотные низинные торфянисто- и торфяно-глеевые почвы Бт^{п0,1}, часто слабо засоленные в нижней части почвенного профиля, реже солончаковые Бт^{псч}.

Геоморфологический профиль, заложенный на участке «Петраки», пересекает гряды и межгрядные пространства, постепенно опускаясь к югу. На гривах формируются элювиальные элементарные ландшафты. Вершины грев, особенно при выпуклой в профиле форме, подсушиваются в результате поверхностного стока тех небольших количеств осадков, которые характерны для данной местности. Автоморфный режим, складывающийся на гривах, способствует остепнению и формированию черноземных почв. Как правило, их профиль еще несет на себе признаки солонцеватости в виде относительно повышенных количеств натрия в составе поглощенных катионов и в составе воднорастворимых солей.

В подчинении у черноземов солонцеватых Чо^{сн} на верхних частях склонов располагаются лугово-черноземные солонцеватые почвы Чл^{сн}. Они формируются также на низких плоских гривах или повышенных участках междуречий и испытывают на себе периодическое влияние грунтовых вод. Здесь происходят процессы, характерные для трансэлювиально-аккумулятивных элементарных ландшафтов: формирование черноземно-луговых солончаковатых почв, переходящих по мере снижения абсолютных высот в луговые солончаковатые Лг^{ск} и солончаковые Лг^{сч}. Склон завершается солончаками луговыми Ск^п или лугово-болотными почвами межгрядного пространства, в центральной части которого чаще всего можно увидеть водную поверхность озера.

Таблица 1

Основные почвенные комбинации в элементарных ландшафтах Барабинской низменности

Элементарные ландшафты	Ключевые участки		
	Кремлевское	Кабинетное	Петраки
Элювиальный	Ч ^в , Чо, ЧоЛс ^{сч} (10)	-	Чо ^{сч}
Трансэлювиальный	Чл ^в Лс ^{сч} (10) Чл ^{сч} Лс ^{сч} (10)	-	-
Элювиально-аккумулятивный	Чл ^к Лс ^{сч} , Чл ^{сч} Лс ^{сч} (25) Сд ^п (10)	Чл ^{сч} Сд ^п (10%), Чл ^{сч} Сн ^{п4} (25)	Чл ^{сч} Сд ^п (10), Чл ^{сч} Сн ^{п4} (10)
Трансэлювиально-аккумулятивный	Лч ^{сч} , Лч ^{ск} Сд ^п (25)	Лч ^{сч} Сд ^п (25), Лч ^{сч} Лг ^{сч} (25), Лч ^{ск} Сн ^{п3} (25)	Лч ^{сч} Сн ^{п3} (10), Лч ^{сч} Сд ^п (10)
Трансаккумулятивный	Лг ^{сч} , сдСд ^п (10)	Лг ^{сч,ск} Сн ^{п3,2,1} (25) Лг ^{сч} Бл ^{псч} (10), Сн ^{п3} Сн ^{п2} Сн ^{п1}	Лг ^{ск,сч} Сн ^{п3} (25), Сн ^{п2} Сн ^{п1} (25), Ск ^п
Аккумулятивный	Сд ^п , Бл ^п , Бт ^п	Бл ^п , Бл ^{псч} , Бт ^п , Бт ^{псч} , Сд ^б	Бл ^{псч} , Бт ^{псч} , Ал ^{сч}

Литература

1. Мордкович В.Г., Шатохина Н.Г., Титлянова А.А. Степные катены. Новосибирск: Наука, 1985, 118 с.
2. Базилевич Н.И. Водная миграция и баланс химических веществ в почвах/ Структура, функционирование и эволюция системы биогеоценозов Барабы. Т.2. Новосибирск: Наука, 1976, С. 167-184.

УДК 634.1

БУФЕРНОСТЬ ПОЧВ ПО ОТНОШЕНИЮ К ТЯЖЕЛЫМ МЕТАЛЛАМ (НА ПРИМЕРЕ РАЙОНА КЫЗЫЛ-ТАШТЫГСКОГО ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ВОСТОЧНОЙ ТУВЕ)

Е.А. Доможакова

ТувИКОПП СО РАН, Кызыл, e-mail: sollygeohennet@mail.ru

Известно, что деятельность горнодобывающих предприятий оказывает сильнейшее воздействие на почвенный покров прилегающих территорий. Один из наиболее серьезных видов воздействия – загрязнение тяжелыми металлами. Интенсификация работ по строительству горнодобывающего комбината и карьера на Кызыл-Таштыгском месторождении полиметаллов в Восточной Туве, в связи со скорым началом его активной разработки, выявила необходимость определения защитных возможностей (буферности) почв на прилегающих территориях по отношению к тяжелым металлам, поступление которых в больших объемах в процессе разработки месторождения практически неизбежно.

Изучение почв в районе Кызыл-Таштыгского месторождения осуществлялось в 2007 году до начала каких-либо работ по строительству его объектов. Это позволило с одной стороны выявить физико-химические свойства естественных почв в ненарушенном состоянии, а с другой стороны установить в них фоновое содержание микроэлементов и соответственно оценить буферность техногенно незагрязненных почв, так как изученный район находится на значительном удалении от любых источников техногенного воздействия в крайне малонаселенной местности.

Буферность, определяемая как способность почв инактивировать поступающие тяжелые металлы, переводить их в соединения, малодоступные для растений и слабо мигрирующие в ландшафте, зависит от основных свойств почв – содержания органического вещества, количества глинистых частиц, карбонатов, содержания полуторных оксиды и рН [1;2]. Оценка буферности проводилась в соответствии с методикой, разработанной В.Б. Ильиным [1]. В предложенной им оценочной шкале по каждому из 5 критериев (содержание гумуса, глинистых частиц, полуторных оксидов, карбонатов и рН) определены ранги, каждому из которых соответствует балл.

Параметры изученных в районе месторождения почв в основном могут быть ранжированы с учетом предложенной шкалы, за исключением реакции среды, органического вещества. Пределы содержания последнего в исследованных почвах гораздо шире, поэтому для более точного определения буферности шкала рангов по гумусу была нами дополнена. Шкала рангов рН также расширена. Определение полуторных оксидов не проводилось. В соответствии с методикой В.Б. Ильина их содержание может быть приравнено к валовому количеству F_2O_3 [2]. Данные о содержании последнего были нами получены из опубликованных источников. Шкала рангов содержания оксида железа также была расширена.

С учетом всех дополнений был рассчитан балл буферности для высокогорных и горно-таежных почв в районе Кызыл-Таштыгского месторождения (табл. 1).

Таблица 1

Оценка буферности почв Кызыл-Таштыга по отношению к тяжелым металлам

Почвы	Физическая глина, %	Гумус, %	рН	CaCO ₃ , %	Fe ₂ O ₃ , %	Буферность, балл*
Горно-тундровые дерновые	12,5-30,9	10-16,7	6-6,6	0	3,17-16,3	25-44 (41,5-60,5)
Горно-луговые субальпийские	17,5-34	7,7-20,4	5,6-6	0	7,54-13,1	26,5-42 (48-63,5)
Бурые кислые грубогумусные неоподзоленные	18,2-38,3	9,9-24,4	4,5-6,5	0	1,7-8,8	17-44,5 (48,5-61)
Бурые кислые грубогумусные оподзоленные	31,8-36	13,2-20,9	4,2-5,8	0	1,8-6,5	25-42 (56,5-66,5)

* в скобках приведено количество баллов для элементов, подвижных в щелочной среде

Как показали расчеты, почвы в районе Кызыл-Таштыгского месторождения характеризуются широкими пределами буферности – от низкой до очень высокой. При этом буферность почв по отношению к элементам, подвижным в щелочной среде – мышьяку, молибдену и ртути – высокая и очень высокая. В этом случае весомый вклад в формирование защитных способностей осуществляет реакция среды, которая в большинстве изученных почв кислая, реже нейтральная. Значимым фактором является также отсутствие карбонатных аккумуляций в почвах.

Буферность почв по отношению к элементам, подвижным в кислой среде (цинк, кадмий, свинец, кобальт, медь, никель, марганец), варьирует от низкой до высокой. Широкие пределы буферности обусловлены значительным колебанием содержания органического вещества, глинистых частиц и Fe_2O_3 . Отсутствие карбонатов в почвах и кислая реакция среды значительно снижают защитные возможности почвы. Однако содержание глинистых частиц и органическое вещество вносят существенный вклад в повышение буферности, что обуславливает ее высокий балл в почвах со среднесуглинистым составом и значительным содержанием гумуса, но кислой реакцией.

В вертикальном профиле изученных почв вслед за сменой основных параметров, происходит и смена буферности почв. Наши исследования показали, что с глубиной буферность в основном снижается, за счет снижения содержания в почвах гумуса, количества глинистых частиц. В почвах, в которых с глубиной происходит увеличение содержания глинистых частиц соответственно буферность в нижней части профиля выше, чем в поверхностном горизонте.

Таким образом, почвы в районе Кызыл-Таштыгского месторождения обладают высокой способностью к инактивации мышьяка и молибдена, особенно, горно-лесные почвы. У почв высокогорий эта способность несколько менее выражена, за счет нейтральной реакции среды, но компенсирована высоким содержанием Fe_2O_3 . По отношению к тяжелым металлам, подвижным в кислой среде, горно-лесные почвы менее защищены, чем высокогорные, однако и в тех и в других защитные возможности компенсированы высоким содержанием глины и гумуса, что существенно повышает их способность к инактивации поступающих тяжелых металлов.

Литература

1. Ильин В.Б. Оценка буферности почв по отношению к тяжелым металлам // *Агрохимия*. 1995. №10. С.109–113.
2. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2001. 229 с.

УДК 550.4:631.47 (517.3)

ПОЧВЕННО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОНГОЛИИ

Доржготов Д., Батхшииг О.

Институт Географии Академии Наук Монголии, e-mail: geo-dgv@magicnet.mn, batkhisig@gmail.com

Химический состав почв является важным индикатором функционирования экосистем. Поверхностные и подземные воды, растительность, живые организмы тесно связаны с почвенным покровом. Химический состав почв, миграция и аккумуляция элементов в почвах и ландшафтах являются одним из главных индикаторов экосистем. Проблема загрязнения окружающей среды, сохранение экосистем и биологического разнообразия становится главным экологическим вопросом во многих странах мира. Последние годы все больше усиливается антропогенное воздействие на природу. Еще в 1964 г. известный ученый М.А. Глазовская писала: "Человек в своей практической деятельности все в большей степени использует природные ресурсы и активно воздействует на природу" [1]. Почвенно-геохимические исследования становятся особенно актуальными в связи с возрастающим воздействием человека на окружающую среду.

Первые почвенно-геохимические исследования проводились в Монголии 1920-х гг. под руководством известного русского ученого Б.Б. Полюнова. Географические и почвенно-геохимические особенности степных ландшафтов детально исследованы в местностях Ар, Увур Жаргалант в Центральной Монголии. В 1926 г. Б.Б. Полюнов и И.М. Крашеников впервые использовали термин "элементарный ландшафт" и сформулировали основные идеи геохимии ландшафтов.

В работе многих русских почвоведов (Лебедев, Неуструев, Михайловская, Баранов, Андреев, Иванов и др.), работавших в 30-40-х гг. в Монголии, имеются данные по химическому составу почв, почвообразующих пород и почвенно-геохимические характеристики разных территорий Монголии. Эти данные как первые источники информации по геохимии почв Монголии считаются ценным научным материалом.

Развитие почвоведения и геохимии ландшафтов в Монголии тесно связано с русской школой почвоведения из Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. В 1950-х и 1960-х гг. первые национальные почвенные специалисты (Бэхтур, Доржготов, Ундрал, Батбаяр, Гарьдхуу и др.) учились в Русских высших учебных заведениях. После окончания они начали исследования почвенных ресурсов страны. В 1960-х гг. в связи с развитием земледелия почвенные исследования активизировались, помимо агрохимических характеристик начали определять микроэлементный состав пахотных почв Монголии.

Начиная с 70-х гг. начали изучать геохимические особенности ландшафтов, миграцию и аккумуляцию химических элементов в почвах. В 1977 г. Доржготов и Очирбал публиковали статью "Почвы элементарных ландшафтов". В этой статье характеризованы геохимические особенности миграции и аккумуляции элементов в степных ландшафтах, дано интересное объяснение происхождению карбонатов в степных почвах Монголии [2]. Совпадение самого теплого периода года с периодом наибольшего увлажнения делает этот промежуток времени биологически очень активным. В этот период значительно увеличивается содержание углекислоты в почвенном воздухе, что обуславливает переход карбонатов в более растворимую, и, следовательно, более миграционноспособную форму в тот момент, когда существуют нисходящие токи влаги в почвенном профиле. Это обеспечивает геохимическую миграцию карбонатов в степных почвах Монголии, в результате чего их верхние горизонты обычно бывают выщелочены от карбонатов и среди них часто встречаются бескарбонатные разности. Такая отчетливая миграция карбонатов не наблюдается в степных почвах других регионов.

Ундрал, первая Монгольская выпускница кафедры геохимии ландшафтов и географии почв Географического факультета МГУ, в 1978 году защитила кандидатскую диссертацию на тему “Основные генетико-географические особенности горных таежно-лесных почв центральной Монголии”. Помимо изучения процессов почвообразования и общих свойств лесных почв она изучала динамику подвижных форм железа в мерзлотно-таежных почвах [3]. В 1999 г. О. Батхишиг изучал почвенно-геохимические особенности долины р. Туул в центральной Монголии. Им выявлены аномально высокая концентрация стронция в почвах окрестности сомона Лун Центрального аймака и возможность выделения данной местности как биогеохимического эндемичного района. Кроме того, установлены закономерности геохимической миграции и распределения химических элементов в почв долины реки Туул, особенно её пойменных участков [4].

В результате почвенно-геохимических исследований разных районов Монголии собрано значительное количество данных по геохимическому составу почв: в районе Жаргалант в Центральной Монголии Ч. Гончигсумлаа [5], в 1998 г. Т.Оюунчимэг в районе Хар-Ус озера, и горного массива Жаргалант в западной Монголии и Ч. Лхагвасурен 2001 г. в окрестностях озера Хар-Ус в Ховдоском аймаке.

Изучение загрязнения городских экосистем в Монголии, особенно в столице, становится приоритетным направлением исследований. В конце 80-х – начале 90-х гг. учеными-геохимиками МГУ имени М.В. Ломоносова проводилось комплексное обследование почвенного покрова г. Улан-Батора, дана геохимическая оценка состояния города [6]. Последние годы Институт Географии АН Монголии и Географический факультет МГУ тесно сотрудничают в исследовании загрязнения почв гг. Улан-Батора, Эрдэнэта и Дархана.

Литература

1. Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. М.: Изд-во МГУ. 1964, с. 5.
2. Доржготов Д., Очирбал Ч. Почвы элементарных ландшафтов // Вопросы географии Монголии. Улаанбаатар, 1977. No. 20.
3. Ундрал Г. Основные генетико-географические горных таежно-лесных почв Центральной Монголии. Автореф. дисс. канд. геогр. наук, Улан-Батор, 1978. 29 с.
4. Батхишиг О. Почвенно-геохимические особенности долины р. Туул. Автореф. дисс. канд. геогр. наук, Улан-Батор, 1999.
5. Гончигсумлаа Ч. Некоторые почвенно-геохимические особенности сухостепных ландшафтов Автореф. дисс. канд. геогр. наук, Улан-Батор, 1994.
6. Касимов Н.С., Лычагин М.Ю., Евдокимова А.К., Голованов Д.Л., Пиковкий Ю.И. Улан-Батор, Монголия (теплоэнергетика). Межгорная котловина / Экогеохимия городских ландшафтов. М.: Изд-во МГУ. 1995, с. 231-248.

УДК 582.26/.27

АЛЬГОИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

М.Ф. Дорохова

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: dorochova@mail.ru

Почвенные водоросли являются постоянным компонентом биоценоза. Особенности группировок водорослей отражают свойства почвы и протекающие в них процессы, на чем основано их использование в качестве биоиндикаторов [1, 2].

Более 20 лет назад М.А. Глазовской в рамках разработки научных основ изучения технопедогенеза были инициированы альгоиндикационные исследования на Географическом факультете МГУ. Они проводились под руководством Н.П. Солнцевой в разных природных зонах России, их целью было выявление групп водорослей, индицирующих состояние почв и грунтов в техногенных ландшафтах районов добычи горючих полезных ископаемых, а также усовершенствование методов альгоиндикации. В последние годы тематика альгоиндикационных исследований расширилась благодаря изучению влияния на почвы компонентов ракетного топлива.

Почвенные водоросли изучались как в техногенных ландшафтах, так и в полевых модельных экспериментах. Использовались общепринятые в почвенной альгологии методы исследования [3].

Результаты исследований в районах добычи угля и нефти показали [4, 5, 6], что изменения состава и характеристик сообществ водорослей четко отражают направление и интенсивность техногенной трансформации почв и грунтов.

В одном из нефтедобывающих районов европейской части России были изучены сообщества и группировки водорослей техногенных грунтов и почв, загрязненных буровыми сточными водами, стоками от кустовых площадок и сырой нефтью. Приоритетными загрязнителями почв и грунтов в районах нефтепромыслов являются битуминозные вещества и водорастворимые соли, довольно широко распространено заболачивание почв. Вблизи источников загрязнения исходные растительные сообщества замещаются разреженными пионерными группировками однолетних сорняков и лугово-солончаковыми сообществами. Особенности техногенных местообитаний определяют специфику сообществ водорослей в пределах нефтепромысла, определяющую их устойчивость к повышенным концентрациям солей и нефтепродуктов. В их составе наиболее разнообразны синезеленые и диатомовые водоросли, среди которых велика доля галофильных и алкалофильных видов. На переувлажненных участках существенно увеличивается (до 26% против 3-10% в незагрязненных почвах) число гидрофильных и амфибиальных водорослей.

Устойчивость техногенных изменений сообществ водорослей зависит от интенсивности и длительности техногенного воздействия на почвы. Установлено, что в условиях гумидного климата кратковременное слабое загрязнение (например, в краевых частях ореолов загрязнения) не вызывает их устойчивых изменений. Уже через 2 года начинается восстановление сообществ организмов исходных почв. При более длительном воздействии на почвы низких концентраций поллютантов (что наблюдается при наложении разновозрастных ореолов загрязнения в их краевых частях и на участках, загрязняемых стоками от кустовых площадок) или кратковременном сильном загрязнении почв (в «ядре» ореолов загрязнения) изменения альгофлоры достаточно устойчивы во времени. При этом интенсивный вынос загрязнителей из корнеобитаемого слоя почв вызывает развитие серии сменяющих друг друга в пространстве и во времени специфических сообществ водорослей с участием галофильных видов, аналогов которым в незагрязненных почвах окружающих территорий нет. Специфичность состава микробиоты в ходе восстановительной сукцессии позволяет предположить, что в рассматриваемых случаях быстрого возврата сообществ почвенных микроорганизмов к исходному состоянию не произойдет.

Моделирование процессов загрязнения-самоочищения почвы от нефти или ее компонентов в полевых условиях позволяет получить информацию о глубине повреждающего действия поллютантов на микробиоту в зависимости от первичного уровня ТГ нагрузки и о характере ее изменения во времени.

В первой серии экспериментов изучалось влияние высокой дозы нефти на сообщества водорослей наиболее распространенных в южной тайге почв. Высокая доза нефти (100 л/м²) – как обессоленной, так и сырой - вызывает резкое ингибирование почвенных водорослей. Через 7 дней после заливки нефти их численность составила менее 7% от фоновой. В условиях гумидного климата период острого токсического действия нефти на водоросли относительно непродолжительный: уже через год в почвах подзолистого типа начинается восстановление группировок водорослей, главным образом за счет развития зеленых.

Исследуя характер ответной реакции сообществ водорослей на градиент концентрации загрязнителя, можно выявить предел устойчивого функционирования и критический уровень содержания нефти в корнеобитаемом слое почвы. Для этого была проведена вторая серия полевых экспериментов (использовалась обессоленная нефть). Установлено, что для большинства изученных почв диапазон содержания нефти в корнеобитаемом слое, равный 15-50 г/кг, является критическим, при котором даже при однократном загрязнении происходят необратимые качественные изменения сообществ водорослей. Содержания нефти ниже 10 г/кг для некоторых почв являются пределом устойчивого функционирования фототрофного компонента микробных сообществ.

В районах добычи угля сообщества водорослей использовались как интегральный показатель техногенного воздействия на почвы. Исследования, проведенные в южной части Большеземельской тундры, в сфере влияния одной из угледобывающих шахт, включавшей зоны с разной интенсивностью трансформации почв - буферную (100 - 950 м от отвалов) и импактную (0-100 м) – выявили закономерные изменения состава и структуры сообществ водорослей в зависимости от интенсивности техногенного воздействия. От фоновой к импактной зонам наблюдается снижение таксономического разнообразия водорослей (от 69 видов в ненарушенных почвах до 42-16 – в трансформированных), увеличивается доля зеленых водорослей за счет уменьшения разнообразия желтозеленых, происходит упрощение комплексов доминирующих видов – вплоть до формирования на породных отвалах олигодоминантных и монодоминантных сообществ. Изменения состава водорослей в сфере влияния шахты приводят к изменению соотношения экологических и географических групп водорослей. По мере приближения к источнику загрязнения – породным отвалам шахты – уменьшается доля ацидофильных видов, возрастает доля индифферентных к условиям рН видов, а вблизи отвалов появляются алкалофильные виды, что соответствует характеру изменения рН в почвах. В составе водорослей сильно трансформированных почв импактной зоны наблюдается резкое сокращение доли аркто-альпийских и значительное увеличение доли космополитных видов по сравнению с ненарушенными почвами. Это является отражением общей тенденции изменения флоры в тундре под влиянием антропогенных воздействий.

Влияние компонента ракетного топлива – несимметричного диметилгидразина (НДМГ) – на сообщества водорослей дерново-подзолистой почвы изучено в полевых экспериментах. На модельные площадки под посевами бобовых и тимофеевки луговой вносили ракетное топливо в дозах от 100 г/м² до 5000 г/м². В почве оно быстро разлагается микроорганизмами с образованием аммония, при этом уже при 500 г/м² происходит подщелачивание почвы. Водоросли разных групп по-разному реагируют на загрязнение почвы НДМГ: зеленые и желтозеленые – как на мелиорант (их развитие стимулируется НДМГ, за исключением самой высокой дозы), синезеленые и диатомовые – как на токсикант. Наименьшая доза загрязнителя вызывает у них изменение степени доминирования, начинают исчезать самые неустойчивые к продуктам разложения НДМГ виды и появляются некоторые новые виды, что соответствует зоне стресса микробных сообществ. При 2000-5000 г/м² НДМГ происходит резкое обеднение видового состава этих групп водорослей, что соответствует зоне репрессии. Синезеленые и диатомовые водоросли могут быть использованы для индикации разных уровней содержания НДМГ в почвах.

Таким образом, альгоиндикационный метод позволяет выявить направление изменения свойств почв в техногенных ландшафтах, определить критические уровни содержания загрязнителей в почве и выявить продолжительность их острого токсического действия. Сообщества почвенных водорослей могут быть рекомендованы для включения в число объектов биомониторинга в техногенных ландшафтах.

Литература

1. Штина Э.А., Голлербах М.М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука. 1976. 143 с.
2. Штина Э.А. Почвенные водоросли как экологические индикаторы // Ботанический журнал, 1990. Т. 75, N4. С. 441-452
3. Голлербах М.М., Штина Э.А. Почвенные водоросли. Л.: Наука. 1969. 228 с.
4. Дорохова М.Ф., Патова Е.Н. Почвенные водоросли // Природная среда тундры в условиях открытой разработки угля (на примере Юньягинского месторождения). Сыктывкар. 2005. С. 126-143
5. Дорохова М.Ф. Сообщества почвенных водорослей как индикаторы состояния почв в районах нефтедобычи // Водоросли: таксономия, экология, использование в мониторинге. Екатеринбург: УрО РАН. 2011. С. 281-287
6. Dorokhova M. Diatoms as indicators of soil conditions in regions of oil production // Oceanological and Hydrobiological Studies. 2007. Vol.XXXVI. Suppl. 1. P. 1-7

УДК 631.47

**ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ОЗЕР
БАРГУЗИНСКОЙ ВПАДИНЫ**

С.Г. Дорошкевич

Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ, e-mail: sv-dorosh@mail.ru

Ландшафтно-геохимическая система характеризуется спецификой взаимодействия ее составляющих: горные породы–почвы–растительный покров–природные воды. Эти составляющие создают присущие системе индивидуальные черты миграции, трансформации и аккумуляции вещества [1]. Ведущую роль в миграции, перераспределении и, в том числе, накоплении химических элементов в ландшафтно-геохимических процессах занимают почвы [2]. Почва, имея полифункциональные свойства, выступает как система геохимических барьеров [3]. В зависимости от места формирования в одном типе почв могут быть представлены различные сочетания геохимических барьеров, каждому из которых присуща своя ассоциация химических элементов. Содовые и сульфатные озера представляют собой ландшафтно-геохимические системы, в которых высокие концентрации в рапе карбонатов, гидрокарбонатов или сульфатов, создают специфические условия накопления ряда элементов [4]. В поверхностных водах содовых озер концентрации микроэлементов прямо пропорциональны их минерализации; в сульфатных же такой зависимости не наблюдается [5]. В связи с этим нами проведено изучение особенностей распределения химических элементов в почвах и растительности прилегающих ландшафтов минеральных озер.

Для почв в зоне влияния минеральных озер были составлены ассоциации химических элементов по их валовым содержаниям в убывающей последовательности (таб.). Общим для всего комплекса почв прилегающих ландшафтов минеральных озер является преобладание в почве таких элементов, как Si, Ca, Al.

Таблица 1

Геохимические ассоциации химических элементов почв прилегающих ландшафтов минеральных озер Баргузинской впадины

Озеро	Ландшафт	Геохимический ряд
Большое Алгинское	Пойменный	Si>Ca>Al>Na>Mg>K>Fe>Ti>Ba>Sr>P>Mn>Zr>Rb>Ce>V>La>Zn>Cr>Y>Nb>Li>Co=Cu>Sn>Ni
	Прибрежная линия	Si>Al>Ca>K>Na>Fe>Mg>Ti>Ba>Sr>P>Mn>Zr>Rb>Ce=V>La>Cr>Y>Pb>Ni>Li>Nb>Co=Cu
	Степной	Si>Al>Ca>Fe>Mg>Na>K>Ti>Ba>Sr>Mn>P>Zr>V>Rb>Ce>Zn>Cr>La>Li>Ni>Y>Co=Cu>Nb>Sn
Саган Нур	Пойменный	Si>Ca>Al>Na>K>Mg>Fe>Ti>Zr>Ba>Sr>P>Mn>V>Rb>Zn>Ce>Cr>La>Ni=Y>Pb>Li>Nb>Cu>Co
	Прибрежная линия	Si>Ca>Al>Na>K>Mg>Fe>Ti>Ba>Sr>Mn>P>Zr>V>Rb>Ce>Cr>Zn=La>Pb>Ni=Y>Nb>Co>Li>Cu
	Степной	Si>Ca>Al>Na>K>Fe>Mg>Ti>Ba>Sr>Mn>P>Zr>V>Rb>Ce>Cr>Zn=La>Ni>Y>Li>Cu>Nb>Co
Нухэ Нур	Пойменный	Si>Ca>Al>Na>K>Mg>Fe>Ti>Ba>Sr>Mn>P>Zr>V>Rb>Ce>Cr>La>Zn>Y>Ni>Nb=Pb>Co>Li>Cu
	Прибрежная линия	Si>Ca>Al>Mg>Na>K>Fe>Ti>Ba>Sr>Mn>P>Zr>Rb>V>Ce>Cr>La>Zn>Ni>Y>Cu>Nb>Co=Li
	Степной	Si>Ca>Al>Na>K>Mg>Fe>Ti>Ba>Sr>Mn>P>Zr>Rb=V>Ce>Cr>La>Zn>Y>Ni>Cu>Nb>Li>Co
Нухэ Нур-II	Пойменный	Si>Al>Ca>Na>K>Mg>Fe>Ti>Ba>Sr>Mn>P>Zr>Rb>V>Ce>Cr>Zn>La>Ni>Li=Y>Cu>Co>Nb
	Степной	Si>Al>Ca>Fe>Mg>Na>K>Ti>Ba>Mn>Sr>P>Zr>V>Rb>Ce>Cr>Zn>La>Li>Ni>Y>Cu>Nb>Co>Sn

В почвах и растительности пойменного ландшафта выявлена прямая зависимость от содержания

ряда химических элементов в водах минеральных озер. В почвах пойменных ландшафтов сульфатных озер содержание таких химических элементов, как Fe, Li, Sr и Rb выше, а Ba - ниже, чем содержание этих же элементов в почвах прилегающих ландшафтов содовых озер. Для растений подобная зависимость отмечена для Sr и Ba (рис. 1).

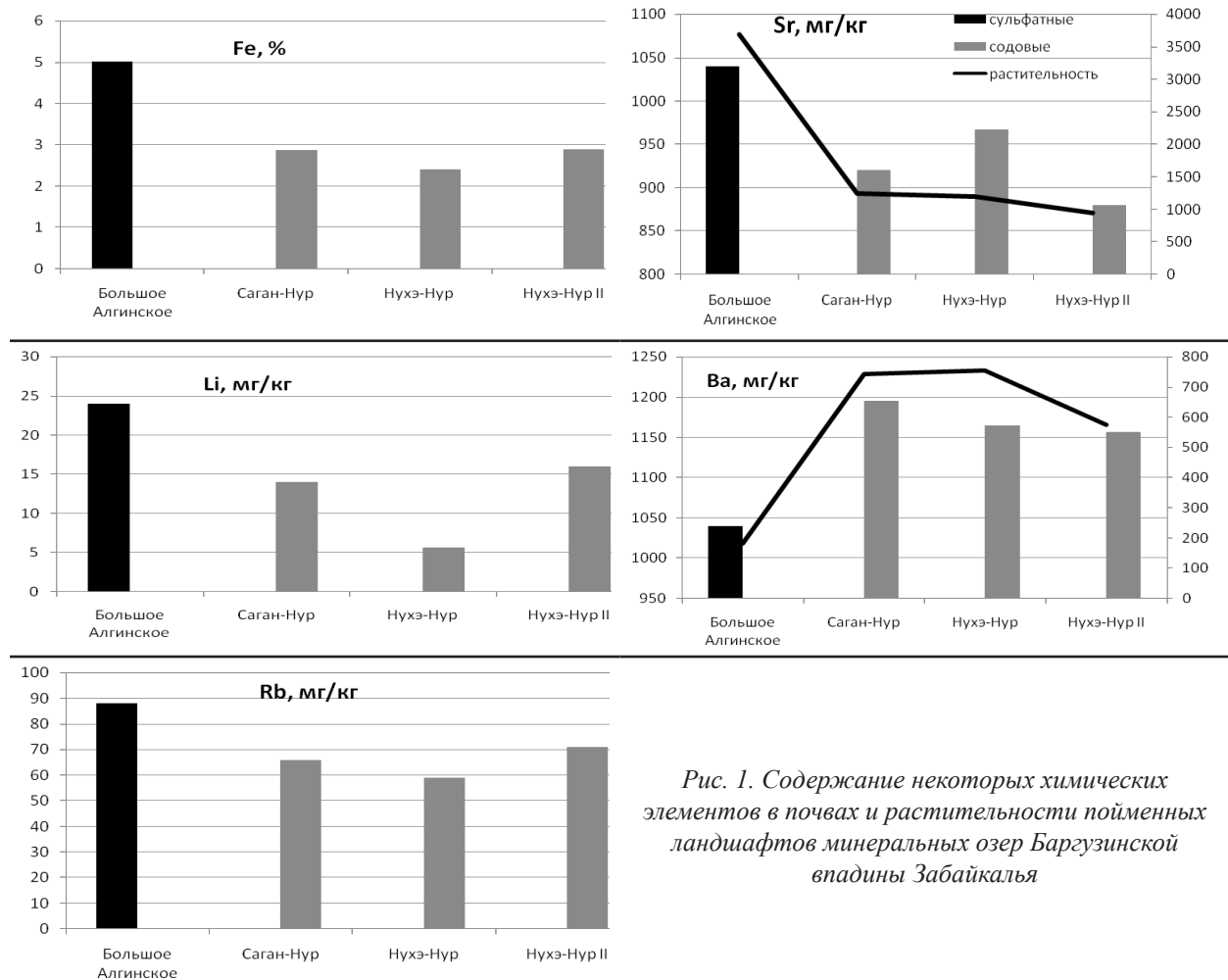


Рис. 1. Содержание некоторых химических элементов в почвах и растительности пойменных ландшафтов минеральных озер Баргузинской впадины Забайкалья

Литература

1. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М.: Высшая школа. 1975. 342 с.
2. Добровольский В.В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние. М.: Мысль. 1983. 272 с.
3. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высш. шк. 1988. 328 с.
4. Обожин В.Н., Богданов В.Т., Кликунова О.Ф. Гидрохимия рек и озер Бурятии. Новосибирск: Наука. 1984. 152 с.
5. Плюснин А.М., Чернявский М.К., Перязева Е.Г., Чинавлев А.М. Гидроминеральные ресурсы // Разведка и охрана недр. 2007. № 12. С. 56-61

УДК 550.84:262.02

ЭФФЕКТИВНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОИСКОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА ЮГЕ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Н.Н. Дундуков, А.А. Мясников

ФГУП «Урангеологоразведка» БФ «Сосновгеология», Иркутск, e-mail: sosna3@irk.ru

Территория юга Восточной Сибири характеризуется высоким минерально-сырьевым потенциалом и широким разнообразием полезных ископаемых, как металлических (полиметаллы, золото, уран, молибден, вольфрам, бериллий, олово, тантал, ниобий, медь, хром, ртуть, никель, хром), так и неметаллических (флюорит, стронций, апатит, фосфориты, бокситы, каменная соль, тальк, магнезит, хризотил-асбест, графит, микрокварциты, керамические пегматиты, мрамор, гипс, химически чистые известняки) и горючих (каменный уголь, природный газ и нефть).

Вышеперечисленные полезные ископаемые проявляют себя в различных ландшафтно-геохимических условиях, оказывающих существенное влияние на эффективность проводимых здесь геологоразведочных работ, и поэтому учет особенностей конкретных геохимических ландшафтов обязательны.

Геохимические методы поисков являются неотъемлемой и обязательной частью комплекса

геологоразведочных работ. Такое широкое применение этих методов обусловлено их высокой геологической эффективностью и сравнительно низкими финансовыми затратами по сравнению с другими методами, например, геофизическими. Высокая геологическая эффективность геохимических методов доказана практикой многолетнего их использования в Казахстане, Забайкалье, Прибайкалье и в других регионах.

Для эффективного применения геохимических поисковых методов крайне необходимо выполнять ландшафтно-геохимическое районирование по условиям ведения геохимических прогнозно-поисковых работ. Ландшафтно-геохимическое районирование заключается в выделении районов (площадей), различающихся по трудности достоверного опознания и условиям проведения геохимических поисков. Выполненное ландшафтно-геохимическое районирование позволяет не только поставить на научную основу ведения текущих и планируемых, в том числе и опережающих геохимических поисков, но и оценить достоверность ранее проведенных поисково-оценочных работ и необходимость возвратиться к ревизии «старых» площадей с наиболее рациональным комплексом геохимических поисковых методов повышенной разрешающей возможности.

Рассматриваемый регион находится между 50-56° с.ш. и 102-114° в.д. почти в центре Азиатского континента и занимает площадь более 500 тыс. км².

В результате выполненных многолетних исследований по многоцелевому геохимическому картированию масштаба 1:1000 000 с применением компьютерных технологий на территорию юга Восточной Сибири составлены ландшафтные и ландшафтно-геохимические карты масштаба 1:1000 000. На основе этих карт с использованием результатов опытно-методических геохимических работ на известных крупных месторождениях (Zn, Pb, Cu, U, Hg, Au, Mn, Sr и др.) выполнено ландшафтно-геохимическое районирование и составлены карты условий ведения геохимических поисковых работ. По этим картам на территории юга Восточной Сибири выделено три категории площадей (I, II, III). Каждая из них характеризуется определенным типом гипергенной миграции химических элементов, вполне конкретными условиями формирования литохимических вторичных ореолов и потоков рассеяния и соответственно наиболее рациональным и эффективным комплексом применяемых поисковых геохимических методов.

I категория площадей охватывает области распространения высокогорного и среднегорного резкорасчлененного эрозионно-экзарационного рельефа и интенсивных новейших поднятий. Абсолютные высоты рельефа - до 3000-3500 м, относительные превышения - до 1000 м, крутизна склонов - 15-35° и более. Сюда относятся системы таких хребтов как Баргузинский, Северо-Муйский, Южно-Муйский, Байкальский, Улан-Бургасы, Икатский, Прибайкальский, Восточный Саян, Хамар-Дабан.

Эта категория площадей включает горные субарктические (альпинотипные), горные тундровые и лесотундровые ландшафты, для которых характерно интенсивное физическое выветривание и резкое преобладание механического переноса веществ. Ведущим геохимическим гипергенным процессом здесь является криогенный механогенез. На площадях этой категории преобладают гравитационные (обвальные) и дефлюкционно-гравитационные отложения накапливающиеся у подножия склонов, их мощность колеблется от 1 до 2-3 м. Этот тип площадей в сравнении с другими характеризуется максимальной обнаженностью.

На площадях этой категории развиваются сильно смещенные крупнообломочные вторичные ореолы и механические потоки рассеяния. В подобных ландшафтно-геохимических условиях рациональным комплексом геохимических методов при геологосъемочных и поисковых работах масштаба 1:200 000-1:50 000 (1:25 000) является сочетание метода поисков по потокам рассеяния со шлиховым и шлихо-геохимическим опробованием. Поиски по первичным ореолам в масштабе 1:50 000-1:25 000 необходимо применять на полностью обнаженных участках для выявления объектов, руды которых характеризуются так называемой «безминеральной» формой нахождения металлов, тонкорассеянной вкрапленностью полезных минералов и эндогенных ореолов, связанных со слепым оруденением.

В комплексе с основными применяемыми литохимическими методами рекомендуется в качестве вспомогательных использовать гидрохимические поиски по подземным водам в нижних частях склонов.

На участках, частично обнаженных и перекрытых покровом автохтонных рыхлых отложений мощностью до 1-2 м распространены горные тундровые и лесотундровые ландшафты. Формирующиеся в этих условиях вторичные литохимические ореолы рассеяния механические, открытые, преимущественно диффузионного типа, нормальной интенсивности. Ведущими на данной площади являются литохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния.

По условиям ведения геохимических поисков эта категория площадей относится к открытому типу и для неё эффективны все методы геохимических поисков.

II категория площадей характеризуется развитием слабо- и расчлененных низких гор, плато и плоскогорий с абсолютными отметками рельефа 1200-1500 м и относительными превышениями - 200-300 м, крутизна склонов - 5-10°. Площади II категории охватывают территорию Лено-Ангарского плато, Витимского плоскогорья, включая хребты Худанский, Зусынский, Байсыхан. Эта категория площадей включает горные таежные смешанные (хвойно-мелколиственные), таежные хвойные, таежные смешанные (хвойно-мелколиственные) ландшафты.

Разрез склоновых отложений сложный, здесь распространены разновозрастные, нередко двух-трехчленные склоновые образования солифлюкционно-делювиального, солифлюкционно-пролювиального генезиса, преобладающая мощность которых колеблется в интервале 2,5-4,0 м, достигая иногда от 6-8 м и до 10-20 м. Среди этих отложений верхний слой зачастую представлен дальнеприносимым материалом, перекрывающим вторичные литохимические ореолы. Коренные обнажения горных пород в этих условиях

редки. Ведущими геохимическими гипергенными процессами являются криогенный механогенез, гуматогенез, глеегенез. На площадях II категории развиты литохимические вторичные ореолы рассеяния дефлюкционного типа, преимущественно закрытые, ослабленные у поверхности. Открытые вторичные ореолы рассеяния характерны для верхних участков склона и закрытые для средних и их нижних частей.

В аллювиальных и пролювиальных отложениях гидросети данной категории площадей развиваются протяженные и интенсивные литохимические потоки рассеяния. По условиям ведения геохимических поисков эта категория площадей является полузакрытой. Из геохимических методов здесь наиболее рационально применение поисков по литохимическим и гидрохимическим потокам рассеяния в комплексе с биогеохимическим опробованием. Поиски по вторичным ореолам рассеяния в поверхностном варианте применимы только в пределах верхних частей склонов и в глубинном варианте в нижней половине склонов (скважинное геохимическое опробование).

На III категории площадей развиты многочисленные типы четвертичных отложений мощностью обычно более 10-20 м (до 100 м и более). Широко распространены аллювиальные, аллювиально-пролювиальные, эоловые, ледниковые и флювиогляциальные отложения. В эту категорию включены площади мезозойских и кайнозойских впадин, такие как Баргузинская, Верхне-Ангарская, Муйская, Ципиканская, Сосновоозерская, Тункинская, Предбайкальская, а также покровы базальтов кайнозойского возраста, развитые на Витимском плоскогорье. Эта категория площадей охватывает степные и луговые ландшафты аккумулятивных равнин межгорных впадин и долин.

Ведущими гипергенными геохимическими процессами являются гуматогенез, кальцитогенез, глеегенез. Площади данной категории характеризуются закрытыми (погребенными) литохимическими вторичными ореолами и литохимическими потоками рассеяния, а гидрохимические потоки рассеяния здесь являются ослабленными. Эта категория площадей относится к закрытому типу. В случае очевидной перспективности районов данной категории применимы технические средства геохимических поисковых работ - скважинное геохимическое опробование в комплексе с биогеохимическим опробованием и атмосферическими исследованиями.

В целом территория юга Восточной Сибири является вполне благоприятной для эффективного применения наиболее простых в технологическом отношении геохимических поисковых методов.

Как следует из вышесказанного, на большей части изученной территории юга Восточной Сибири при средне- и крупномасштабных геологосъемочных, поисковых, прогнозно-поисковых и геофизических работах ведущая роль принадлежит наиболее простым и экономичным методам геохимических поисков, а именно литохимическим поискам по потокам и вторичным ореолам рассеяния. Вместе с тем необходимо использование более усложненных методов геохимических исследований: литохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния в глубинном варианте, с применением мелких скважин, а также и других глубинных поисковых методов - гидрогеохимического, биогеохимического и атмосферического.

Карты ландшафтно-геохимического районирования юга Восточной Сибири по условиям ведения геохимических прогнозно-поисковых работ, отражающие пространственное размещение трех категорий площадей рассматриваются как объективная научная основа для целенаправленного долгосрочного планирования средне- и крупномасштабных геологосъемочных, поисковых, поисково-оценочных, прогнозно-поисковых и геофизических работ.

УДК 631.4

РАДИОНУКЛИДНЫЙ СОСТАВ ПОЧВ ВЫСОКОГОРНЫХ ЛАНДШАФТОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО АЛТАЯ

*И.А. Егорова, Ю.В. Кислицина, А.В. Пузанов
ИВЭП СО РАН, Барнаул, e-mail: egorka_iren@mail.ru*

Естественный радиационный фон формируется космическим излучением и природной радиоактивностью горных пород и почв. В основном, радиационный фон вне помещений формируют радионуклиды земного происхождения ^{40}K и радиоизотопы радиоактивных рядов распада ^{238}U и ^{232}Th , которые обуславливают 35, 25 и 40 % мощности дозы гамма-излучения соответственно.

Безусловно, большое значение имеет исследование биогеохимической судьбы ^{137}Cs на данной территории, так как он является индикатором бывшего радиоактивного загрязнения окружающей среды, связанного с испытаниями ядерных устройств на Семипалатинском полигоне.

Цель исследования – изучить особенности распределения естественных радионуклидов (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K) и Cs^{137} в высокогорных почвах Северо-Западного Алтая.

Задачи:

1) исследовать внутрипрофильное распределение радионуклидов в высокогорных почвах Северо-Западного Алтая;

2) изучить связь уровня концентраций радионуклидов с физико-химическими свойствами почв.

Объекты исследования – горно-тундровые, горно-луговые и горно-лугово-степные почвы. Горно-тундровые почвы формируются в верхней части высокогорного пояса в условиях низких температур и значительного атмосферного увлажнения под моховой, лишайниковой, кустарниковой и травянистой растительностью на щебнисто - каменистом элювии или элювио-делювии сланцев, гнейсов, песчаников и гранитов.

Горно-луговые почвы развиваются на суглинистом сильнощебнистом элювии, элювио – делювии (гранитов, песчаников, сланцев), на ледниковых и делювиальных отложениях. Среди почв преобладают легко - и среднесуглинистые разновидности. Песок и крупная пыль являются основной составляющей мелкозема.

Горно-лугово-степные почвы развиваются в более засушливом лугово-степном поясе гор, под субальпийской остепненной растительностью, преимущественно на продуктах выветривания карбонатных пород. Для них характерно формирование более мощной дернины и более развитого гумусового горизонта с порошистой структурой. Они образуются на менее выщелоченных почвообразующих породах в условиях периодически промывного водного режима.

Физико-химические свойства почв охарактеризованы в таблице 1.

Таблица 1

Физико-химические свойства высокогорных почв и внутрипрофильное распределение радионуклидов

Генетический горизонт	Глубина образца, см	рН	Гумус	Физ. глина	Ил	²³⁸ U	²³² Th	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs
			%			Бк/кг			
Горно-тундровые									
Горно-тундровая автоморфная, Тигирекский хребет, бассейн р. Иня. Разрез 9									
A _n	0-9	6,4	8,3	26,3	3,7	39,1	33,1	586,5	79
A ₁	10-20	5,4	7,7	30,6	3,8	42,8	34,1	865	-
B ₁	20-30	5,2	2,0	34,4	5,8	27,3	25,4	734	-
BC	35-45	4,9	2,7	41,7	10,1	38,1	32,9	841	-
C	50-60	5,1	2,6	35,8	14,9	31,7	30,5	716	-
Горно-тундровая, Тигирекский хребет, бассейн р. Иня. Разрез 10									
A _n	0-10	4,7	12,1	24,4	8,2	42,7	26,6	506	179
C	20-30	5,0	2,2	29,3	12,5	32,5	26,4	682	-
Горно-тундровая, Тигирекский хребет, бассейн р. Иня. Разрез 12									
A ₁	2-10	4,5	9,0	30,8	7,9	27,4	19,3	301,5	111
AC	10-20	4,6	8,3	37,1	12,7	37,6	25,1	424	10
C	30-35	5,0	6,3	35,6	9,1	32,2	25,8	407	-
Горно-тундровая торфяно-перегнойная, Тигирекский хребет, бассейн р. Иня. Разрез 14									
A _n	0-10	5,1	42,8	12,2	1,0	15,4	10,9	158	239
A _n	10-15	4,6	27,9	26,5	8,1	-	-	-	-
BC	20-25	4,9	8,2	34,2	14,7	26,3	28,1	607	15
Горно-тундровая, Коргонский хребет, верховье р. Коргон. Разрез 5									
A _n	0-10	4,9	12,8	18,3	9,12	31,9	24,5	379,5	78
AB	10-15	4,8	10,1	41,6	5,2	21,8	26,8	395,5	9
B	20-25	4,7	5,2	36,6	11,32	29,5	31,5	478	3
Горно-тундровая олуговелая, Коргонский хребет, верховье р. Коргон. Разрез 7									
A _n	0-10	4,3	11,8	27,8	10	20,4	21	265	42
AB	10-20	4,7	6	48,8	16,8	24,7	19,8	309,5	17
B	25-35	5,1	3,9	9,6	2,4	31,1	23,3	342	-
BC	50-60	5,3	3,3	36,8	10,1	24,7	19,1	264	-
Горно-луговые									
Горно-луговая, Тигирекский хребет, бассейн р. Белая. Разрез 03									
A _n	0-8	4,3	23,5	6,7	0,0	35,9	25,3	379	64
AB	10-20	4,5	6,0	43,8	13,4	41,4	39	598	-
B	20-30	4,9	3,6	34,0	18,0	46,5	41,4	628	-
BC	40-80	4,8	3,7	39,6	18,5	54,9	46,4	574	-
C	> 80	7,1	0,3	50,6	34,3	53,0	49,3	692	-
Горно-луговая, Тигирекский хребет, бассейн р. Иня. Разрез 11									
A _n	0-10	4,5	10,5	12,2	5,6	27,4	13,5	210	167
A ₁	10-20	4,6	7,8	27,0	7,2	35,9	9,4	185	9
Горно-луговая, Тигирекский хребет, бассейн р. Иня. Разрез 15									
A _n	0-10	5,2	19,6	23,1	12,2	22,5	28,3	566	50
Горно-лугово-степная, Тигирекский хребет, бассейн р. Белая. Разрез 4									
A _n	0-10	4,2	27,2	20,4	5	25,5	20,0	278	102
AC	10-20	4,5	9,5	42,4	14,4	29,6	55,8	488	-
C	50-60	7,2	3,7	22,3	9,2	17,7	16,2	998	-
Горно-луговая., Коргонский хребет, верховье р.Коргон. Разрез 6									
A _n	0-10	4,4	10,3	30,6	8,6	30,2	22,5	322	203
AB	10-20	4,6	3,4	53,5	14,2	47,9	23,2	349	4

Генетический горизонт	Глубина образца, см	pH	Гумус	Физ. глина	Ил	²³⁸ U	²³² Th	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs
			%			Бк/кг			
B	40-50	5	4	31,9	11,6	21,2	33,5	474	-
Горно-луговая, Королевский белок. Разрез 8									
A _n	0-10	5,6	5,6	37	10,2	30,3	17,2	164,5	147
A	10-20	4,8	3	10,6	2,8	48,9	18,9	347	3
AB	30-40	5,3	1,2	52	5,3	18,3	15,1	173	-
B	50-60	5,1	1	18,3	9,6	8,6	7,0	312	-

Примечание: прочерк – не обнаружено

Степень радиоактивности почв зависит от содержания естественных радионуклидов в почвообразующих породах. Максимальная радиоактивность обнаружена в почвах, сформированных на кислых магматических породах, а наиболее высокая концентрация радионуклидов наблюдается в мелкодисперсной фракции почв – в глинистых частицах [1]. Кроме того, уровень радиоактивности почв зависит от ландшафта, климатических условий, процессов вертикальной и горизонтальной миграции в почвах, их биологической аккумуляции и т.д. [2].

Гранулометрическое и петрографическое разнообразие верхних горизонтов в регионе исследования обуславливают широкий диапазон концентраций изучаемых радиоактивных элементов (см. таб. 1). Одинаковые по происхождению почвообразующие породы Северо-Западного Алтая различаются между собой по содержанию этих элементов.

Удельная активность ²³⁸U в горно-тундровых почвах Северо-Западного Алтая варьирует незначительно (см. табл. 1), максимальный уровень удельной активности урана, составляет 42,8 Бк/кг.

Среднее содержание урана-238 в исследуемых почвах находится на уровне кларка и составляет 34,8 Бк/кг. Для некоторых почвенных разрезов отмечается биогенное накопление. Наиболее высокий уровень удельной активности урана-238 характерен горно-луговым почвам.

Удельная активность ²³²Th в горно-тундровых почвах Северо-Западного Алтая также варьирует незначительно (см. табл. 1). В среднем удельная активность радионуклида составляет 25,5 Бк/кг. Максимальный уровень удельной активности тория для горно-тундровых почв составляет 34,1 Бк/кг, а для горно-луговых почв - 49,3 Бк/кг (см. таб. 1).

Внутрипрофильное распределение ⁴⁰K в почвах различное, что объясняется формированием этих почв на разных почвообразующих породах. В большинстве случаев ⁴⁰K относительно накапливается в гумусовом горизонте.

Удельная активность ⁴⁰K в исследуемых почвах значительно варьирует, средняя удельная активность составляет 487,4 Бк/кг (см. табл. 1). Максимальный уровень удельной активности калия для горно-тундровых почв составляет 865 Бк/кг, а для горно-луговых почв - 998 Бк/кг соответственно (см. таб. 1).

Внутрипрофильное распределение естественных радионуклидов, в целом носит аккумулятивный характер.

Плотность загрязнения почв ¹³⁷Cs зависит как от количества исходно выпавших продуктов радиоактивного распада, так и от современного состояния почвенного покрова. Выпавшие на поверхность почв искусственные радионуклиды включаются в биогеохимические циклы и их дальнейшая «геохимическая судьба» определяется ландшафтными особенностями территории [3].

Ведущими факторами, определяющие поведение ¹³⁷Cs в профиле, являются физико-химические свойства почв, тип почвообразования и положение почвы в ландшафтно-геохимической системе [4].

В профиле исследованных горно-тундровых, горно-луговых и горно-лугово-степных почв Северо-Западного Алтая максимальное количество ¹³⁷Cs обнаружено в верхнем дерновом горизонте (0-10 см), и лишь незначительно нуклид мигрирует по толще почвенного профиля (см. табл. 1).

Наблюдается существенное варьирование удельной активности загрязнения ¹³⁷Cs в данном регионе исследования, что определяется как исходными контрастными выпадениями в условиях высотной поясности Тигирекского и Коргонского хребтов, так и пестротой почвенного покрова горных экосистем и ландшафтно-геохимическими обстановками, определяющими дальнейшую биогеохимическую судьбу радионуклида.

Особенностью внутрипрофильного распределения радионуклида в исследованных почвах является сосредоточение его в верхнем 10-см слое гумусового горизонта, где обнаружены значимые (>2Бк/кг) его количества. С глубиной концентрация ¹³⁷Cs резко падает (<2Бк/кг) и ниже 15 см обнаруживается очень редко.

В горно-тундровых почвах высокогорий, формирующихся в условиях переувлажнения и недостатка тепла, выявлены аномальные по уровню загрязнения ¹³⁷Cs концентрации (106-239 Бк/кг), превышающие в несколько раз фоновые значения. Около 95 % загрязнения сосредоточено в верхнем 2-5 см.

Максимальный уровень удельной активности радионуклида (203 Бк/кг) отмечен в поверхностном слое (0-5 см) дернового горизонта Ад горно-луговой почвы. Высокая удельная активность верхнего горизонта обусловлена, по-видимому, наличием оторфовонного слоя, а также высоким содержанием органического вещества.

Таким образом, выявлена существенная неоднородность в содержании естественных радиоактивных элементов и значительная пестрота удельной активности ¹³⁷Cs в почвах Северо-Западного Алтая, что обусловлено контрастностью почвообразующих пород, физико-химическими свойствами почв, ландшафтно-

геохимическими условиями миграции и аккумуляции элементов.

Литература

1. Дричко, В.Ф. Частотное распределение концентраций радия-226, тория-228 и калия-40 в различных почвах // Почвоведение. – 1977. – № 9. – С 75-80
2. Перельман А.И. Геохимия ландшафта.- М.: Высш. шк. 1966.- 392 с.
3. Мальгин, М.А., Пузанов А.В. Цезий –137 в почвах Алтайского края // Сибирский экологический журнал. – 1995. – № 6. – С. 499-509.]
4. Котова А.Ю., Санжарова Н.И. Поведение некоторых радионуклидов в различных почвах // Почвоведение.- 2002.- № 1.- С. 108-120.
5. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов.- М.: Недра. 1994.- 304 с

УДК 581.526.533:581.13:574.36

ЗАПАСЫ АЗОТА, УГЛЕРОДА В КУСТАРНИЧКОВО-ЛИШАЙНИКОВО-МОХОВОЙ ТУНДРЕ

Г.Я. Елькина, Е.М. Лаптева

Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, Сыктывкар, elkina@ib.komisc.ru

С особенностями накопления органического вещества и биогеохимического круговорота углерода, азота в значительной мере связаны специфика формирования почвенного профиля и, особенно, состав почвенного органического вещества. Но в то же время запасы фитомассы, мортмассы и аккумуляция в них азота, углерода в зоне Большеземельской тундры изучены недостаточно.

Исследования проводили в Воркутинском районе Республики Коми, в кустарничково-лишайниково-моховой тундре с морозобойными пятнами (67°35.4' с.ш., 64°09.9' в.д., 150 м н.у.м.). Площадка, где закладывали трансект для учета биомассы, расположена на склоне юго-юго-западный экспозиции с небольшим (около 3°) уклоном. Почва тундровая торфянисто-глееватая мерзлотная. Биоценоз представлен тремя растительными сообществами: кустарничково-моховое, кустарничково-лишайниково-моховое, кустарничково-лишайниковое, площади под которыми составляют соответственно 65.6, 17.9 и 16.5 %.

Из растений на участке преобладают гипновые зеленые мхи (*Hylocomium splendens*). Пятнами встречаются лишайники, наиболее распространены цетрария исландская (*Cetraria islandica*) и цетрария снежная (*Cetraria nivalis*) – 97-98 %. В комплексе с ними произрастают цетрария клубучковая (*Cetraria cuculata*) – 2-3 %, лишайник олений (*Cladonia rangiferina*) – 2 %, кладония стройная (*Cladonia gracilis*) – 1-2 %.

Видовой состав сосудистых растений невелик. Из кустарников встречаются ива филиколистная (*Salix phylicifolia*) и береза карликовая (*Betula pana*), из кустарничков – голубика обыкновенная (*Vaccinium uliginosum*) и брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea*). Травянистая растительность в основном представлена осокой шаровидной (*Carex globularis*) – 97 % и овсяницей овечьей (*Festuca ovina*) – 1-3 %.

Аккумуляция азота и углерода в биоценозах в значительной мере определяется составом растительных сообществ, величиной сформировавшейся биомассы, содержанием этих элементов в произрастающих растениях, в их разлагающихся остатках, и скоростью биологического круговорота.

Таблица 1

Биомасса и запасы мортмассы в биоценозах, т/га абсолютно-сухого вещества

Растительное сообщество	Масса растений					Мортмасса
	мхи	лишайники	кустарники и кустарнички	травянистые растения	всего	
Кустарничково-моховое	16.6	-	7.7	4.7	29.0	103.1
Кустарничково-лишайниково-моховое	10.9	1.5	6.4	3.0	21.8	72.4
Кустарничково-лишайниковое,	-	12.0	1.9	1.9	15.7	28.3

Максимальная фитомасса (29.0 т/га) сосредоточена в кустарничково-моховом сообществе, она на 57.3 % представлена мхом (табл. 1). На долю кустарников и кустарничков приходится 26.6, на травянистые растения 16.1 %. Доминирование мхов с низкой скоростью разложения, при незначительном обилии сосудистых растений с более быстрой ротацией, ведет к замедленному биологическому круговороту. Мортмасса кустарничково-мохового сообщества (103.1 т/га) в 3.6 раза превышает фитомассу.

Минимальный запас фитомассы формируется в кустарничково-лишайниковом сообществе – 15.7 т/га. На 76.1 % он состоит из лишайников, доля сосудистых растений очень низка. Величина мортмассы также невысока – 28.3 т/га. Скорость биологического круговорота в биоценозе с доминированием лишайников наоборот выше, о чем свидетельствует более узкое (1.8) соотношение фитомассы к мортмассе. Кустарничково-лишайниково-моховое сообщество по запасам органического вещества занимает промежуточное положение.

Общая фитомасса кустарничково-мохово-лишайниковой тундры (с учетом площадей, занимаемых выделенными сообществами) составляет 25.5 т/га. Более половины (50.3 %) из нее приходится на мхи, 25.5 % на кустарники и кустарнички. Мортмасса, существенно превышая массу живых растений, составляет 85.2 т/га. Основная ее часть (79.3 %) сосредоточена в кустарничково-моховом сообществе.

Из произрастающих растений азотом более богаты кустарники (1.26-1.58 %) и кустарнички (0.96-1.43 %), травянистые растения (0.91 %). Но доля их в кругообороте элементов не столь существенна. Содержание азота во мхах (0.64- 0.80 %) и лишайниках (0.26-0.51 %) низкое. Однако по мере разложения количество азота в растительных остатках становится выше – 0.73-1.25 %.

Углерод также в большем количестве присутствует в высших растениях (40.0-47.8 %). Содержание его в живых мхах и лишайниках ниже – 35.2-37.8 %. Разложение их сопровождается значительными потерями углерода, в результате чего его содержание снижается до 16.8-33.0 %.

Таблица 2

Запасы азота и углерода в биоценозах кустарничково-мохово-лишайниковой тундры

Биомасса	Запасы элементов, кг/га				Запасы N, в % от общих	Запасы C, в % от общих	N/C
	N	C	N*	C*			
Кустарничково-моховое сообщество							
Живые растения	249	12636	163.4	8283	77.6	76.4	0.020
Отмершие остатки	1253	35936	821.7	23556	70.0	61.5	0.035
Общая	1503	48572	985.1	31839	83.9	83.2	0.031
Кустарничково-лишайниково-моховое сообщество							
Живые растения	167	8509	30.0	1525	14.2	14.1	0.020
Отмершие остатки	612	16662	109.7	2986	9.3	7.8	0.037
Общая	752	23948	134.8	4292	11.5	11.2	0.031
Кустарничково-лишайниковое сообщество							
Живые растения	104	6289	17.2	1039	8.2	9.6	0.017
Отмершие остатки	225	6743	37.1	1114	3.2	2.9	0.033
Общая	329	13032	54.3	2153	4.6	5.6	0.025
Кустарничково-лишайниково-моховая тундра в целом							
Живые растения			210.6	10846	17.9	28.3	0.019
Отмершие остатки			963.6	27437	82.1	71.7	0.035
Общая			1174.2	38283	100.0	100.0	0.031

*с учетом площади

Суммарные запасы азота в фитомассе увеличивается со 104 кг/га в кустарничково-лишайниковом сообществе до 167 – в кустарничково-лишайниково-моховом, и до 249 кг/га – в биоценозе с преобладанием мхов (табл.2). Основная часть азота в тундровых ценозах аккумулирована в разлагающемся органическом веществе. Максимальное количество азота в мортмассе (1253 кг/га), как и в фитомассе, приходится на кустарничково-моховое сообщество. В кустарничково-лишайниковой ассоциации запасы азота в растительных остатках ниже более чем в 5 раз. В целом по кустарничково-лишайниково-моховой тундре сосредоточено 1174 кг/га азота, 82 % из них аккумулировано в мортмассе.

Соотношение между запасами азота в мортмассе и фитомассе снижается с 5.0 в биоценозе с преобладанием листостебельных мхов до 3.7 при сочетании мхов и лишайников, и до 2.2 при доминировании лишайников. Лишайники отличаются большей интенсивностью разложения и более высокой скоростью кругооборота азота, чем мхи, что обусловлено различиями в водном и тепловом режиме в местах их обитания, а также спецификой растений.

Максимальные запасы (48 572 кг/га) углерода также аккумулированы в кустарничково-моховом биоценозе (табл.2). При этом только четверть них находится в органах растений. Основная часть (33729 кг/га) элемента содержится в остатках листостебельных мхов. Соотношение между запасами углерода в фитомассе и мортмассе составляет 2.8.

В кустарничково-лишайниковом сообществе общие запасы углерода (13032 кг/га) в 3.7 раза ниже, чем в ценозах с доминированием мхов. Но, здесь в отличие от кустарничково-мохового сообщества, доля углерода, сосредоточенная в органах растений выше (48.3 %), а соотношение между запасами углерода в живой и отмершей растительности ниже – 1.1. В этом сообществе также более высока доля углерода в составе кустарничков и трав. В переходном кустарничково-мохово-лишайниковом сообществе запасы углерода выше, чем биоценозе с доминированием лишайников, но ниже, чем в кустарничково-моховом.

Общие запасы углерода в кустарничково-лишайниково-моховой тундре составляют 38283 кг/га. Доля углерода в составе живых растений выше, чем азота. Основные запасы углерода (83.9 %) аккумулированы в биоценозах с преобладанием мхов (31839 кг/га). Вследствие низкого содержания азота в преобладающих в тундровых биоценозах мхах и лишайниках соотношение между азотом и углеродом в растениях очень низкое.

УДК 911:631.4

КИСЛОТНО-ОСНОВНАЯ БУФЕРНОСТЬ ПОЧВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

М.А. Ересько

РУП «Бел НИЦ «Экология», Минск, e-mail: kisa_marina@mail.ru

Термины «устойчивость» и «буферность» применяются в почвоведении при изучении химического воздействия на почву. Авторы расходятся во мнении при определении указанных понятий, часто используют их как синонимы.

В работах М.А. Глазовской, Н.Н. Мирошниченко [1, 2] устойчивость почвы (компонента ландшафта) определена как способность сохранять и восстанавливать системные характеристики, обеспечивающие нормальное функционирование биокосной системы, а буферность – способность противодействовать изменению системных характеристик. Первое понятие является соотношением нагрузки и реакции системы на оказанное воздействие, второе – мерой внутрисистемных возможностей компенсировать влияние фактора [2]. Оба параметра отражают степень устойчивости природно-территориальных комплексов к внешнему негативному воздействию.

В условиях динамичного изменения химического состава атмосферных осадков в сторону увеличения доли кислотных либо щелочных компонентов (в зависимости от формы антропогенного воздействия на окружающую среду на территории их формирования), актуальным является изучение кислотно-основной буферности почв, как основы формирования устойчивости природно-территориального комплекса при подкислении или подщелачивании. Для целей настоящей работы кислотно-основная буферность определена как способность почвы сохранять первоначальный уровень реакции среды при подкислении или подщелачивании [3].

Объектом исследований являются почвы Республики Беларусь [4]: дерново-подзолистые (занимают 77% площади), торфяно-болотные (13,3%), аллювиальные (5,9%), дерновые (3,0%), подзолистые (0,7%), дерново-карбонатные (0,1%).

Оценка кислотно-основной буферности почв Беларуси проведена путем определения буферных характеристик на основании обработки и анализа первичных данных, полученных в результате лабораторных исследований образцов почв основных почвенных разновидностей, отобранных при закладке почвенных разрезов.

В рамках исследований в качестве основных параметров выбраны емкость и интенсивность буферности почв к подкислению и подщелачиванию. Интенсивность буферности (β , смоль H^+ /кг*ед.рН) определена для основных горизонтов каждого типа почв как количество титранта (кислоты или щелочи), необходимое для изменения рН на одну единицу. Емкость буферности почв вычислена для верхних 50 сантиметров почвенного профиля, включающих аккумулятивную (горизонт A_1), элювиальную (горизонт A_2 – для дерново-подзолистых и подзолистых почв) и иллювиальную (горизонт В – частично или полностью) его части, путем пересчета показателя интенсивности буферности на гектар (кмоль H^+ /га).

Результаты определения интенсивности буферности дерново-подзолистых почв [5] коррелируют с данными российских авторов [6]. По итогам математической обработки статистических данных почвы Республики Беларусь разделены на 5 групп в зависимости от значения показателя емкости буферности, а также ведущего фактора, влияющего на буферность – гранулометрического состава (таблицы 1 и 2).

Исследованиями установлено, что дерново-подзолистые почвы характеризуются более высокой степенью буферности к подщелачиванию, чем к подкислению, вследствие чего ландшафты зоны смешанных лесов, для которых данный тип почв является зональным, более устойчивы в условиях щелочной нагрузки, отмечаемой, как правило, в пригородных районах крупных (с населением более 100 тысяч человек) городов. Емкость буферности к подщелачиванию может в 2-4 раза превышать емкость буферности к подкислению почв того же типа, гранулометрического состава и степени увлажнения [5], что свидетельствует о наличии ресурсов для нейтрализации в 2-4 раза большего количества щелочных ионов, поступающих с атмосферными осадками.

Таблица 1

Группировка почв Республики Беларусь по степени буферности к подкислению

Буферность, кмоль H^+ /га	Гранулометрический состав						
	Глина	Суглинок тяжелый и средний	Суглинок легкий	Супесь связная	Супесь рыхлая	Песок связный	Песок рыхлый
Высокая 120,1 и более		Дерново-карбонатная; Дерновая глееватая; Дерново-подзолистая автоморфная на мощных лессах		Дерново-карбонатная типичная; Дерново-карбонатная выщелоченная; Торфяно-болотная			
Выше средней 120-90,1	Дерново-подзолистая, развивающаяся на озерно-ледниковых породах		Дерново-подзолистая автоморфная и слабogleеватая, развивающаяся на лессовидном суглинке; Дерновая глееватая	Дерново- карбонатная оподзоленная; Дерновая глееватая и глееватая			

Средняя 90-60,1	Дерново-подзолистая автоморфная и слабоглееватая, развивающаяся на моренных породах	Дерново-подзолистая глееватая и глеевая, развивающаяся на лессовидном суглинке; Дерново-подзолистая автоморфная и слабоглееватая, развивающаяся на моренном суглинке; Дерново-подзолистая автоморфная и слабоглееватая, развивающаяся на водно-ледниковом суглинке; Аллювиальная дерновая глееватая и глеевая		Дерновая глееватая и глеевая
Ниже средней 60-30,1		Дерново-подзолистая глееватая и глеевая на моренном суглинке; Дерново-подзолистая глееватая и глеевая на водно-ледниковом суглинке	Дерново-подзолистая автоморфная, слабоглееватая, глееватая и глеевая; Аллювиальная дерновая глееватая и глеевая	Аллювиальная дерновая глееватая и глеевая
Низкая 30 и менее			Подзолистая	Дерново-подзолистая автоморфная, слабоглееватая, глееватая и глеевая; Подзолистая

Таблица 2

Группировка почв Республики Беларусь по степени буферности к подщелачиванию

Буферность, кмоль Н ⁺ /га	Гранулометрический состав						
	Глина	Суглинок тяжелый и средний	Суглинок легкий	Супесь связная	Супесь рыхлая	Песок связный	Песок рыхлый
Высокая 120,1 и более	Дерново-подзолистая	Дерново-подзолистая; Дерновая глееватая и глеевая		Дерновая глееватая и глеевая		Торфяно-болотная	
Выше средней 120-90,1		Дерново-карбонатная	Дерново-карбонатная Аллювиальная дерновая глееватая и глеевая	Дерново-подзолистая; Аллювиальная дерновая глееватая		Дерновая глееватая	
Средняя 90-60,1				Дерново-карбонатная Аллювиальная дерновая глееватая		Дерново-подзолистая; Аллювиальная дерновая глееватая и глееватая	
Ниже средней 60-30,1						Дерново-карбонатная	
Низкая 30 и менее				Подзолистая		Подзолистая	

В случае наличия кислотного воздействия, превышающего емкость буферности дерново-подзолистых почв соответствующего гранулометрического состава и степени увлажнения, для стабилизации химического равновесия и сохранения биологического разнообразия внутри ландшафта будет необходимо провести ряд природоохранных мероприятий.

Выявленной особенностью песчаных и супесчаных почв рассмотренных типов является усиление буферности как к подкислению, так и к подщелачиванию с увеличением степени гидроморфизма: емкость буферности глеевых почв в 1,2-1,4 больше, чем автоморфных.

Исследованиями установлено, что буферная способность дерново-карбонатных почв может различаться в 2-5 раз – в зависимости от степени карбонатности почвообразующих пород. Ландшафты, развивающиеся на дерново-карбонатных почвах, характеризуются высокой устойчивостью в условиях кислотного воздействия.

Оценка кислотно-основной буферности почв позволяет определить наименее устойчивые к внешнему химическому воздействию (подкислению/подщелачиванию) природно-территориальные комплексы с целью принятия необходимых мер по их сохранению.

Литература

1. Глазовская, М.А. Проблемы и методы оценки эколого-геохимической устойчивости почв и почвенного покрова к техногенным воздействиям / М.А. Глазовская // Почвоведение, 1999 №1. – С. 114–124.
2. Мирошниченко, Н.Н. Показатели буферности и устойчивости в оценке барьерной функции почв / Н.Н. Мирошниченко, Я.В. Пашенко, А.И. Фатеев // Почвоведение, 2003, №7, С. 808–817.
3. Химическое загрязнение почв и их охрана: Словарь-справочник / Д.С. Орлов, М.С. Малинина, Г.В. Мотузова [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1991, 303 с.
4. Национальный атлас Беларуси. – Мн., 2002, 292 с.
5. Ересько, М.А. Оценка кислотно-основной буферности почв в целях рационального природопользования / М.А. Ересько // Природные ресурсы. – 2006, №4, С. 68–76.
6. Богданова, М.Д. Сравнительная характеристика буферности почв России по отношению к кислотным воздействиям / М.Д. Богданова // Почвоведение. – 1994, №5, С. 93–101.

УДК 631.4

ДИНАМИКА МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В АГРОЧЕРНОЗЕМАХ НА МОНИТОРИНГОВЫХ УЧАСТКАХ ТУВЫ

В.Н. Жуланова

Тувинский государственный университет, Кызыл, e-mail: zhvf@mail.ru

Соединения как естественного, так и техногенного происхождения, к которым относятся тяжелые металлы и многие микроэлементы, загрязняют почву. В санитарно-гигиеническом нормировании содержание микроэлементов в почвах оценивают количественными показателями, такими, как предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно допустимые количества (ОДК). Для экологической оценки применяются чаще всего фоновые концентрации или кларки соответствующих элементов, характерные для определенных территорий [1].

Республика Тува относится к регионам с относительно невысоким техногенным загрязнением природной среды, так как в регионе практически нет промышленного производства с сопутствующими вредными выбросами и отходами. Но в последние годы в Туве возрос поток автотранспорта, который обуславливает и усиление выбросов отработанных газов в атмосферу, а также загрязнения и почвенного покрова. Контроль за загрязнением и изменением тяжелых металлов в почве, валовых форм по профилю и подвижных форм в слое 0-20 см входит в агроэкологический мониторинг.

Цель работы заключается в обобщении полученных материалов по концентрации подвижных и валовых соединений микроэлементов в агрочерноземных текстурно-карбонатных почвах на реперных участках в Турано-Уюкской и Улуг-Хемской котловинах.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований служили агрочерноземы текстурно-карбонатные, характеризующие почвенный покров реперных участков (РУ) 03 и 06, которые заложены в Турано-Уюкской и Улуг-Хемской котловинах Тувы. Локальные участки были заложены специалистами ФГУ ГС Агрохимической службы «Тувинская» в соответствии с «Государственной программой мониторинга земель РФ», утвержденной постановлением Правительства РФ №100 от 05.02.1993 г. На каждом РУ были вскрыты почвенные разрезы, из которых отобраны в 1994, 1998, 2003 и 2008 гг образцы методом колонки через каждые 20 см до глубины 100 см. Ежегодно с 1993 по 2009 годы проведен отбор почвенных проб из верхнего 0-20 см слоя. В отобранных образцах определены подвижные формы микроэлементов по Крупскому и Александровой (ГОСТ 50685-94), молибдена – по Григу, валовые соединения – атомно-абсорбционным методом Крупского и Александровой, мышьяка – фотометрическим методом.

Результаты и их обсуждение. Площадь черноземов в Туве равняется 134,3 тыс. га, из них 30% находится в Турано-Уюкской и юго-восточной части Улуг-Хемской котловинах[2]. Ни в одной из них они не образуют сплошного покрова. Черноземы текстурно-карбонатные являются лучшими пахотными угодьями в регионе.

По подвижным формам тяжелых металлов почвы реперных участков относятся к 1 группе эколого-токсикологической оценки, т.е. характеризуются концентрацией элементов ниже ПДК (ОДК). Среднее содержание меди в агрочерноземе на РУ-03 составляет 0,25 мг/кг, а на РУ-06 – 0,14 мг/кг, цинка – 0,76 и 3,62, свинца – 2,41 и 2,62, кадмия – 0,044 и 0,174, кобальта – 0,15 и 0,13, марганца – 18,0 и 27,6, никеля – 0,31 и 1,64, хрома – 0,54 и 1,09, ртути – 0,025 и 0,089, мышьяка – 0,22 и 0,49, молибдена – 0,11 и 0,12 мг/кг в слое 0-20 см, соответственно. По данным статистической обработки, коэффициент вариации микроэлементов на РУ-03 колеблется от незначительного (медь, цинк и кобальт) до среднего (хром и ртуть). Варьирование остальных элементов небольшое. Варьирование микроэлементов на РУ-06 изменяется от небольшого (цинк и молибден) до среднего (свинец, марганец и никель), от высокого (кобальт, ртуть, кадмий и хром) до очень высокого (мышьяк) уровня. Пестрота содержания микроэлементов в почвах обусловлена специфическими условиями почвообразования, особенностями минералогического состава почвообразующих пород и неоднородностью почвенного покрова региона. В последние годы влияние антропогенной деятельности человека на накопление тяжелых металлов в почвах региона усиливается. Тяжелые металлы поступают при работе тепловой

электростанции, транспорта, сжигания угля, с внесением пестицидов и минеральных удобрений, в частности с суперфосфатом, в котором содержатся значительные количества хрома, кадмия, кобальта, меди, никеля, ванадия, цинка и др.

Для оценки техногенного загрязнения подвижными формами микроэлементов пахотных угодий рассчитан коэффициент техногенного накопления ($K_{ТН}$) (таблица). Под коэффициентом техногенного накопления понимаем отношение содержания микроэлемента в слое 0-20 см в 2009 году к его содержанию в этом же слое в 1997 году.

Таблица

Коэффициент техногенного накопления ($K_{ТН}$) подвижных форм микроэлементов в агрочерноземах текстурно-карбонатных

№ РУ	Годы наблюдений	Содержание микроэлемента, мг/кг										
		Cu	Zn	Cd	Pb	Mn	Co	Mo	Cr	As	Hg	Ni
03	1997	0,25	0,64	0,034	1,23	16,6	0,14	0,16	0,49	0,16	0,026	0,21
	2009	0,28	0,83	0,042	2,46	19,6	0,16	0,10	0,72	0,24	0,022	0,42
	$K_{ТН}$	1,1	1,3	1,2	2,0	1,2	1,1	0,6	1,5	1,5	0,8	2,0
06	1997	0,11	2,28	0,030	2,12	16,2	0,11	0,17	0,94	0,30	0,035	0,60
	2009	0,12	3,89	0,023	2,63	34,3	0,11	0,10	2,30	0,81	0,106	1,97
	$K_{ТН}$	1,1	1,7	0,8	1,2	2,1	1,0	0,6	2,4	2,7	3,0	3,2

Судя по полученным коэффициентам, отмечается накопление в 2,4-3,2 раза водорастворимого марганца, хрома, мышьяка, ртути и никеля в слое 0-20 см почвы на РУ-06, в 2 раза - свинца и никеля на РУ-03. Это может быть связано с тем, что локальный участок 06 располагается вблизи комбината «Тывакобальт», выбросы которого могли способствовать накоплению микроэлементов. А РУ-03 находится вблизи автостреды М-54, где идет прогрессивное нарастание числа автомобилей, которые как движущиеся источники загрязнения охватывают территорию, прилегающую к автодороге (100-200 м). Возможно, ощутимый вклад в загрязнение данной территории оказало и находящееся здесь с 1970 г. хранилище сельскохозяйственной техники. И хотя наблюдается постепенное накопление в пахотном слое микроэлементов, но величина содержания их значительно ниже существующих ПДК/ОДК.

Валовое количество тяжелых металлов показывает общую загрязненность почвы, но не отражает степени доступности элементов для растений. На рисунке показано содержание валовых форм микроэлементов в агрочерноземе реперных участков агроэкологического мониторинга. Средние показатели фоновых концентраций микроэлементов в тувинских агрочерноземах текстурно-карбонатных легкосуглинистого гранулометрического состава находятся в пределах второй группы эколого-токсикологической оценки по содержанию валовых форм тяжелых металлов [3], что не представляет опасности для здоровья человека и животных. Превышение содержания ПДК валовыми соединениями тяжелых металлов в пахотных почвах не отмечено.

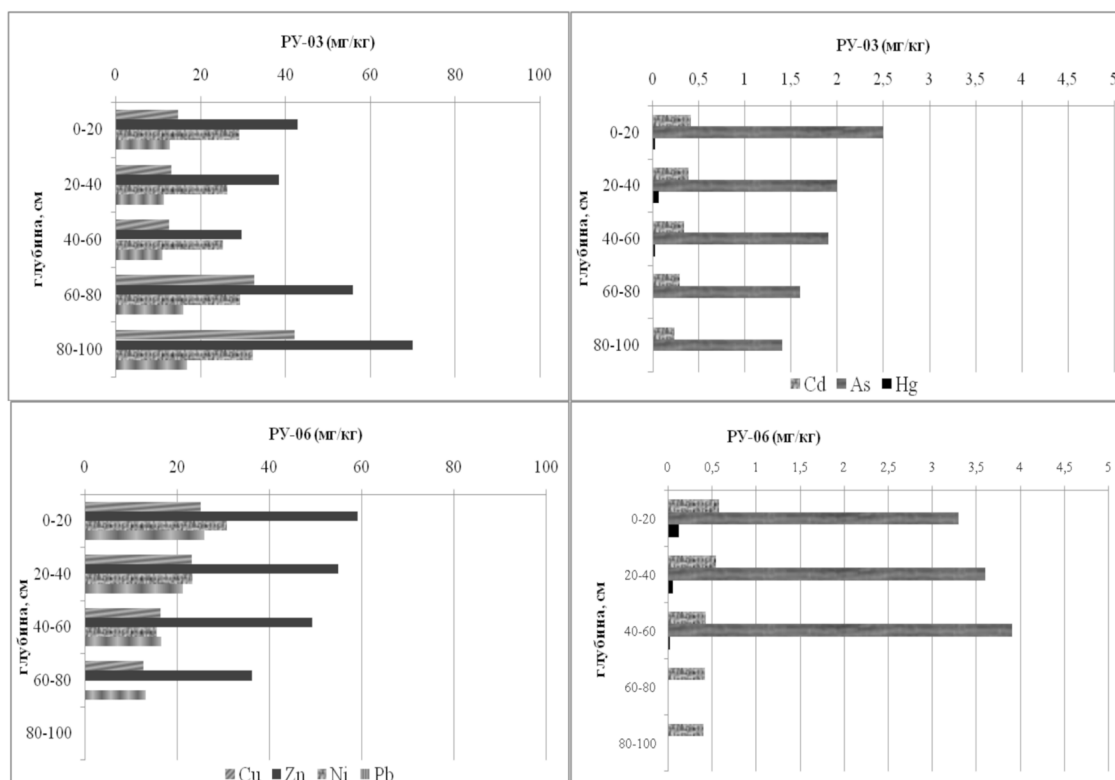


Рис. 1. Содержание валовых форм микроэлементов в почвах локального мониторинга

Таким образом, содержание подвижных и валовых форм тяжелых металлов в агрочерноземах текстурно-карбонатных Центрально-Тувинской депрессии (Улуг-Хемская и Турано-Уюкская котловины) находятся ниже ПДК (ОДК) и не представляют опасности окружающей природе. В рамках агроэкологического мониторинга получены современные материалы о содержании микроэлементов в агрочерноземах, которые являются фактографической базой и могут быть использованы для оценки плодородия земледельческой территории региона.

Литература

1. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение // Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1991. – 151 с.
2. Соловьева В.М., Хуурак В.В. Агрохимическая характеристика почв Республики по итогам VI тура // Научное обеспечение АПК аридных территорий Центрально-Азиатского региона. – Мат. междунар. конфер. 10-12 апреля 2007 года. – Новосибирск, 2008. – С. 277-282.
3. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения // Под редакцией Державина Л.М., Булгакова Д.С. – М., 2003. – 195 с.

УДК 550.4.02 : 911.9

СПОСОБЫ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ СОЛИГОРСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА

П.В. Жумарь (1), А.В. Таранчук (2)

(1) БГУ, Минск, e-mail: pawlos@tut.by; (2) МГПУ им. М. Танка, e-mail: taranchuk_av@mail.ru.

Ландшафты, сформированные в результате горнопромышленного техногенеза, не имеют себе равных по объему перемещаемых геомасс, количеству, мощности и активности геохимических потоков. Поэтому по мере их распространения будет возрастать и актуальность проблемы геохимической оптимизации техногенно-нарушенных пространств. Сложность этой проблемы показательна для Солигорского горнопромышленного района (ГПР) Республики Беларусь.

В настоящее время разработаны теоретические основы и конкретные технологии в области геохимической оптимизации техногенных ландшафтов [1-3]. На основании их анализа и наших исследований установлено, что для ее проведения необходимо выполнить мероприятия, направленные на: 1) утилизацию галитовых отходов, глинисто-солевых шламов и избыточных рассолов; 2) рекультивацию мест их складирования; 3) оптимизацию засоленных земель с целью возрождения на них полноценного землепользования. Их схема приведена на рисунке 1.

Реализация первого направления возможна при условии ведения селективной добычи сильвинита, позволяет сократить количество галитовых отходов до объемов, практически полностью утилизируемых. Рост объемов их утилизации ожидается также с вводом в строй содового производства. Проблема использования избыточных рассолов может найти решение с использованием опыта стран ЕС. В частности, во Франции практикуется сброс рассолов в реку после предварительного разбавления до минерализации 200 мг/л. Система сброса автоматически отключается при ее превышении [4].

Утилизация глинисто-солевых шламов имеет следующие направления: сельскохозяйственное использование и производство технологического сырья и стройматериалов. Для сельского хозяйства они ценны значительными количествами микроэлементов: В – от 10^{-3} до $1,3 \cdot 10^{-2}$; Мп – от 10^{-3} до $8,0 \cdot 10^{-2}$; Zn – от 10^{-3} до $1,2 \cdot 10^{-2}$; Cu – от $0,8 \cdot 10^{-4}$ до $55 \cdot 10^{-4}$. Это дает возможность получить из глинисто-солевых шламов гранулированные органоминеральные удобрения на основе торфа. А.В. Тишкович и др. [5], Е.И. Галай [6] провели сельскохозяйственные опыты по оценке эффективности нового вида удобрений, обосновали приемы и способы их внесения. При этом был отмечен существенный прирост урожайности по анализируемым культурам. Удобрения на основе глинисто-солевых шламов показали большую эффективность по всем культурам, чем эквивалент стандартных туков. Остальные направления утилизации шламов хорошо были рассмотрены в работе [1] и здесь не анализируются.

Проблема оптимизации тесно связана с рекультивацией мест складирования отходов.

Объектами рекультивации являются солеотвалы, на которых прекращена отсыпка галита, и отработанные карты шламохранилищ. Целью данного мероприятия является прекращение процессов денудации солеотвалов и фильтрации рассолов через дамбы и изоляционные покрытия в почвы, нижележащие грунтовые толщи.

Поскольку основными факторами денудации солеотвалов является деятельность ветра и атмосферных осадков, то рекультивационные мероприятия должны быть направлены на изоляцию от них складированных масс. Оптимальным для изоляции является водонепроницаемый полимерный состав, который наносится на поверхность солеотвала в виде пленки. Для изоляции геологических формаций и почв от боковой фильтрации необходимо бурить кольцевую систему скважин по периферии ореола засоления, которые затем следует соединить системой трещин, образуемых в результате направленных взрывов. Полученные полости заполняются водонепроницаемым полимерным составом, который там затвердевает [7].

Рекультивация отработанных карт шламохранилищ осуществляется в 2 этапа: горнотехнический и биологический. Горнотехнический этап предусматривает: удаление рассолов с поверхности шламовых грунтов, нанесения на них противофильтрационного экранирующего покрытия и почвенно-грунтового слоя. На биологическом этапе необходимо высевать многолетние кормовые травы согласно принятым нормам агротехники с внесением повышенных доз торфа и NPK. При использовании калийных туков желательна

избегать внесения хлоридных форм. Для лучшей сохранности защитного экрана наиболее оптимальным является использование рекультивированных земель в качестве сенокосных угодий с использованием бобово-злаковых многолетников (*Bromus mollis*, *B. arvensis*, *Festuca rubra*, *F. pratensis*, *Agrostis gigantea*, *Dactylis glomerata*, *Phleum pratense*, *Melilotus albus*, *M. officinalis* и др.).

Геохимическая оптимизация земель направлена на восстановление плодородия почв. Восстановить их исходные продукционные свойства возможно только путем направленного искусственного внешнего воздействия с помощью следующих способов: снижения ассимиляции Cl^{2-} растениями за счет регулирования агрохимического режима в зависимости от типа почв; оптимизации почв с помощью землевания и торфования; стимулирования рассоления и дехлоридизации земель с помощью галофитов.

Снижение ассимиляции Cl^{2-} растениями приводит к уменьшению его поступления в традиционные сельскохозяйственные культуры. Лабораторные опыты по изучению токсического действия хлора на сельскохозяйственные культуры при внесении хлорсодержащих калийных удобрений и способов его снижения показали, что присутствие $NaCl$ привело к существенному снижению урожайности и бобов. При усиленном азотно-фосфорном питании ($3N_{400} P_{300} K_{600}$) разница между контролем и хлоридным вариантом для этих культур уменьшилась и составила соответственно 2,9 и 26,0% [4, с. 43–45]. Сокращение разницы между обоими вариантами обусловлено антагонизмом азота и хлора. В случае $3P_{300} K_{600}$ урожай кукурузы снизился на 2,7%, а бобов – на 22,3%. По сравнению с нормальной дозой РК трехкратное ее увеличение дало прибавку урожая кукурузы на 3,7% и бобов – на 10,2%.

Н.П. Иванов и Я.К. Куликов [4], исследуя проблему оптимизации засоленных земель с точки зрения физиологических основ ассимиляции хлора и калия сельскохозяйственными культурами, установили, что поглощение хлора растениями увеличивается по мере сдвига pH в сильноокислую либо щелочную зону. В ходе этого опыта построен гомологический ряд элементов, влияющих на увеличение поглощения хлора: $Ca > Mg > K > Na > NH_4$.

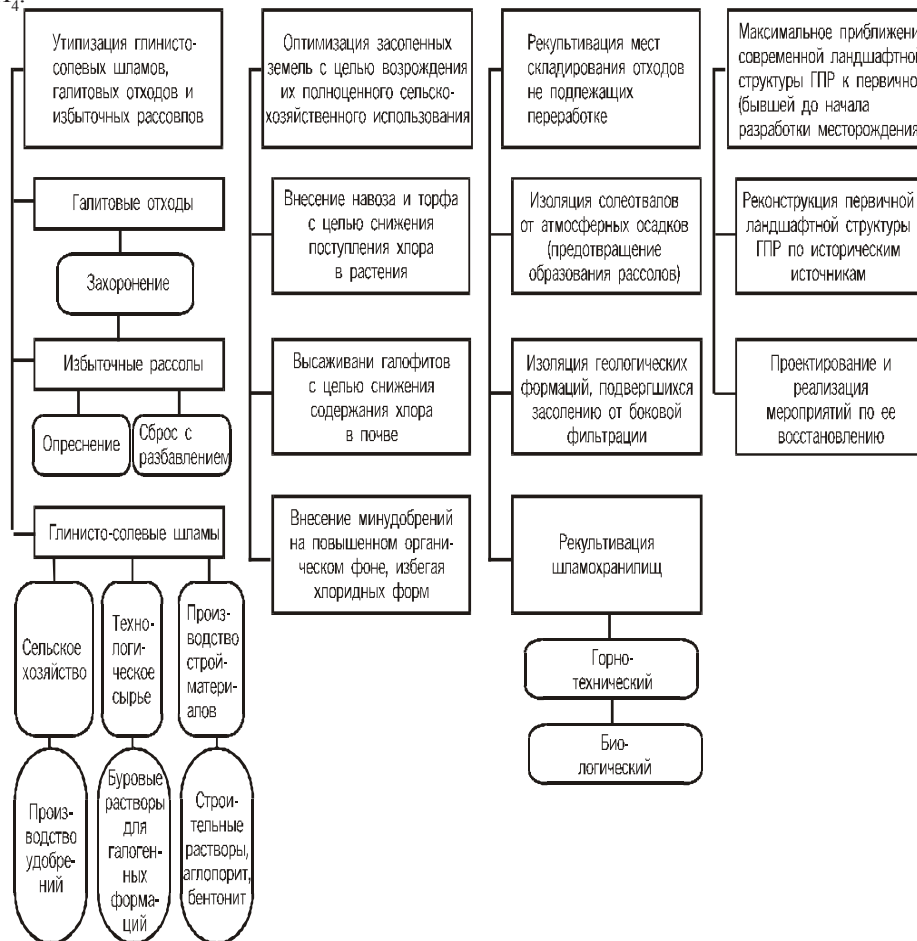


Рис. 1. Схема ренатурализации техногенных ландшафтов Солигорского ГПП

А.Г. Медведевым предложен способ оптимизации сельскохозяйственных земель путем землевания и торфования, который прошел экспериментальную проверку [2; 8]. Суть ее заключается во внесении определенных доз минерального грунта в торфяные почвы и органогенного – в минеральные.

Внесение торфа в смеси с навозом и микроудобрениями является одноразовым агротехническим мероприятием и полученный позитивный эффект сохраняется в течение многих лет, что позволяет рекомендовать данный метод для оптимизации засоленных почв в районе калийных комбинатов. Это в первую очередь относятся к дерново-подзолистым почвам, поскольку они больше всего страдают от засоления и господствуют на территории ГПП (72% от общей площади засоленных земель).

На площадях с засолением более 300 мг/100 г почвы следует вносить наибольшее количество органоминеральной смеси (более 400 т/га); при засолении от 100 до 300 мг/100 г почвы – от 300–400 т/га, а на остальных землях, попадающих в ореол меньшего засоления, –100–200 т/га.

Для рассоления и дехлоридизации земель была проведена оптимизация спектра высеваемых культур в зависимости от концентрации легкорастворимых солей в почве. Эти данные выражены через электрическую проводимость почвенного раствора. Значения этой величины варьировали от 1,0 до 30,3 мСм/см.

Подбор культур осуществлялся по методике Э. Бреслера, Б.Л. Макнила, Д.Л. Картера, согласно которой каждая культура теряет определенный процент продуктивности на каждый единичный прирост электрической проводимости.

По этому показателю выделяются чувствительные, слабоустойчивые, среднеустойчивые и устойчивые к засолению культуры. У чувствительных культур потеря продуктивности происходит при 2 мСм/см (*Phaseolus vulgaris*, *Ilex cornuta*, *Rubus idaeus*, *Feijoa sellowiana*, *Fragaria* и др.). Слабоустойчивые теряют продуктивность при 3–4 мСм/см (*Eragrostis spp.*, *Cumcumis sativus*, *Brassica oleracea*, *Pisum sativum*, *Spinacia oleracea*, *Cucurbita maxima*, *Lotus uliginosus*, *Vicia sativa* и др.). У среднеустойчивых отмечается снижение продуктивности при 5–6 мСм/см (*Beta vulgaris*, *Festuca elatior*, *Dactylis glomerata*, *Agropyron desertorum* и др.). Устойчивые культуры сохраняют продуктивность до уровня 7–8 мСм/см (*Brassica camprestis*, *Hordeum vulgare*, *Beta vulgaris*, *Agropyron cristatum*, *Agropyron elongatum* и др.).

Эти данные полезны при выборе культур в определенном диапазоне засоления с максимальным экономическим эффектом, для прогнозирования потерь урожая при определенном уровне содержания солей. Для оптимизации техногенных ландшафтов Солигорского ГПП эффективны все вышеизложенные способы. Их можно использовать в сочетании или отдельно в зависимости от оптимизируемого элементарного ландшафта.

Литература

1. Месторождения калийных солей Беларуси: геология и рациональное природопользование / Э.А. Высоцкий [и др.] Минск: Белорус. гос. ун-т, 2003, 264 с.
2. Жумарь П.В. Антропогенная трансформация торфяных почв Беларуси под влиянием оптимизации / П.В. Жумарь, Н.К. Чертко // Природопользование в условиях дифференцированного антропогенного воздействия: сб. ст. / редкол.: А.Т. Янковски, И.И. Пирожник (отв. ред.) [и др.] / Белорус. гос. ун-т; Силезский ун-т. Минск – Сосновец, 2000. С. 67–74.
3. Иванов Н.П. Экологические проблемы применения калийных удобрений / Н.П. Иванов, Я.К. Куликов. Минск: Университетское, 1994. 229 с.
4. Streckdenfinder, M. Französisch Kalisalzbergbau und Umweltprobleme – Lösungsansätze zu ihrer Bewältigung / M. Streckdenfinder // – Neue Bergbautechnologie, 1992, №12, S. 456–460.
5. Способ приготовления и эффективность комплексных гранулированных удобрений на основе торфа с использованием глинисто-солевых шламов / Тишкович А.В. // Калийная промышленность СССР и окружающая среда: сб. / редкол.: В.С. Комаров (отв. ред.) [и др.]. Минск: Наука и техника, 1989. С. 118–123.
6. Галай Е.И. Рациональное использование природных и техногенных минерализованных вод в агропромышленных ландшафтах Беларуси: дисс. ... канд. геогр. наук: 11.00.11 / Е.И. Галай. Минск, 1996. 172 с.
7. Method of isolating contaminated geological formations, soil and aquifer; пат. 5030086 США: МКИ4 E02 D3/12 / R.V. Huff, S.G. Axen, D.R. Boughman; ISL Ventures, inc. – N 07/000200; заявл. 05.01.87; опубл. 09.07.91 // USPTO Patent Fulltext and Image Database [Electronic resource]. 2006. Mode of access: <http://www.patft.uspto.gov>. Date of access: 17.10.06.
8. Чертко Н.К. Трансформация агрохимических свойств торфяных почв Беларуси под воздействием землевания / Н.К. Чертко, П.В. Жумарь, Я.К. Куликов // Природные ресурсы. 2001. №1. С. 19–29.

УДК 631.4

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ И ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИЕ АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ В ПОЧВАХ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ РАЙОНОВ УГЛЕДОБЫЧИ

М.П. Завадская, А.С. Цибарт

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: maria_zavadskaya@mail.ru, atsibart@mail.ru

Угледобывающая промышленность оказывает значительное воздействие на окружающую среду. В связи с размещением отвалов пустых пород происходит нарушение значительных площадей, на которых изменяется почвенный покров и происходит существенная перестройка геохимических условий. В частности, в результате появления глубинных пород на поверхности земли изменяется микроэлементный фон территорий. Кроме того, возгорание отвалов приводит к эмиссии поллютантов, в том числе полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), в окружающую среду. Вместе с тем, аккумуляция этих соединений в техногенных ландшафтах изучена пока недостаточно.

Целью настоящей работы стало изучение свойств почв отвалов и прилегающих территорий, определение микроэлементного состава почв и субстратов отвалов угольных месторождений, а также выявление особенностей миграции и аккумуляции приоритетных органических загрязнителей. Полевые исследования проводились в 2009–2010 гг. в пределах Кузнецкого и Карагандинского каменноугольных бассейнов. В Карагандинском угольном бассейне исследования проводились в степной зоне на территории

шахты «Саранская», в Кузнецком угольном бассейне – в лесостепной зоне на территории шахты «Байдаевская» и разреза «Байдаевский», в горно-таежной зоне – на территории разреза «Осинниковский».

Изучались субстраты рекультивированных и не рекультивированных породных отвалов и субстраты делювиальных наносов, образующихся вокруг отвалов (литостраты, органолитостраты). Кроме того, исследованы почвы этих участков, представленные петрозёмами, пелозёмами, гумусовыми петрозёмами, гумусовыми пелозёмами, а также фоновые тёмно-каштановые, чернозёмные, дерново-подзолистые почвы.

В отобранных образцах валовое содержание микроэлементов (Sr, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Pb) определялось рентгено-флуоресцентным методом на приборе «Спектроскан-МАКС GV» (124 образца). Определение содержания ПАУ проводилось методом спектроскопии Шпольского на спектрофлуориметре «Fluolog-3-22 Jobin Ivon» (62 образца). Количественно определялись 12 соединений: флуорен, нафталин, фенантрен, хризен, пирен, антрацен, тетрафен, бенз(а)пирен, бенз(ghi)перилен, ретен, бенз(е)пирен, коронен. Во всех образцах потенциометрическим методом определены значения рН.

Проведенные исследования показали, что микроэлементный состав пород, слагающих отвалы, и формирующихся на них почв в Карагандинском и Кузнецком угольных бассейнах довольно близки, что связано со схожим литологическим и минералогическим составом угольных формаций. Кроме того, микроэлементные составы фоновых почв на рассматриваемых месторождениях также оказались близкими.

В почвах и горных породах на изученных угольных месторождениях установлено повышенное содержание мышьяка и свинца, относящихся ко второму классу опасности. Их количество в несколько раз превышает кларковые содержания (As в 4-22 раз, Pb 2-12 раз). Содержания других определяемых элементов, в основном, характеризуются значениями, близкими к кларковым. Породы, поступающие из горных выработок в отвалы, характеризуются щелочной реакцией. В результате горения отвалов может увеличиваться кислотность среды, в связи с чем повышается подвижность свинца и мышьяка, и наблюдается их вынос в подчиненные позиции. При горении отвалов происходит удаление мышьяка в виде газообразных соединений [1]. Тренд увеличения содержания мышьяка при сжигании угля в прилегающих к отвалам почвах показан в работе [2]. При этом в самих породах отвалов при их возгорании возможно снижение содержания мышьяка и свинца [3].

В породах отвалов, не подверженных горению, изменений щелочно-кислотных условий не наблюдается. В наносах и почвах на этих объектах фиксируются более низкие содержания микроэлементов, чем в породах отвала.

В целом, несмотря на большее количество атмосферных осадков в лесостепной зоне, по сравнению со степной зоной, более активный вынос микроэлементов из пород и почв отвалов и поступление их в субстраты делювиально-пролювиальных шлейфов отмечен в степной зоне в случае отвала с прогоревшими породами.

Кроме того, в районах угледобычи возгорание отвалов служит источником органических загрязнителей, в том числе ПАУ. В фоновых черноземах изученного участка сумма ПАУ составляет 10-20 нг/г, что соответствует уровням их содержания в других фоновых регионах России [4]. Преобладающими соединениями в этих почвах являются нафталины, хризен, пирен, флуорен. Содержание ПАУ в исходном угле довольно низкое (сумма до 10 нг/г), большую часть составляют нафталины и флуорен, что характерно для каменноугольных формаций [5].

В почвах на отвале шахты «Байдаевская» вблизи очагов возгорания выявлены существенные концентрации ПАУ (сумма 100-500 нг/г), среди которых в основном присутствуют наиболее легкие двухъядерные соединения. Интенсивное образование большого количества ПАУ связано с нагреванием толщ пород, содержащих обломки угля. В верхних горизонтах содержания ПАУ ниже, чем в нижних, что указывает на образование ПАУ в самом отвале. На некотором удалении от очагов возгорания в почвах на отвале отмечается снижение содержания ПАУ (10-250 нг/г), при этом максимумы содержания отмечаются в поверхностных горизонтах, то есть их поступление связано с атмосферными выпадениями. В почвах, формирующихся на субстрате делювиально-пролювиального шлейфа, и погребенных под ним почвах отмечаются довольно высокие содержания ПАУ (100-600 нг/г), причем в пределах профиля ПАУ распределены неравномерно. Это связано с неоднородностью пород, слагающих нанос, с включением углистого материала в горизонты погребенных почв и с формированием натечных углисто-гумусовых новообразований в профиле погребенных почв.

В породах отвала «Байдаевского» разреза в районе очага возгорания ПАУ распределены крайне неравномерно, их общее содержание варьирует от 10 до 2400 нг/г. ПАУ являются продуктами неполного сгорания, поэтому в образцах, содержащих минимальные количества ПАУ, могло произойти более полное сгорание углистых частиц. В горизонтах, прилегающих к участкам возгорания, напротив, наблюдается обогащение углеводородами, которые образуются при воздействии тепла на органическое вещество углей. В почвах отвалов преобладают легкие соединения: нафталины и ретен, местами флуорен, фенантрен.

В почвах рекультивированных участков, удаленных от очагов возгорания на 1-2 км, отмечается сорбция ПАУ слабо развитыми гумусовыми горизонтами, суммарное содержание достигает 120 нг/г, ниже по профилю почвы оно уменьшается до 20 нг/г. Образование слабо развитых гумусовых горизонтов способствует сорбции ПАУ в почвах.

В связи с возгоранием отвалов происходит увеличение содержания ПАУ как в породах и почвах отвалов непосредственно в районах очагов возгорания, так и в удаленных от них почвах. Закреплению ПАУ способствует щелочная среда, а также обогащение почв и пород органическим веществом, что усиливает их сорбцию.

Таким образом, почвы изучаемых территорий, как природные, так и формирующиеся на субстратах отвалов и делювиально-пролювиальных шлейфов, характеризуются однотипным микроэлементным составом, который определяется региональными особенностями пород и их приуроченностью к распространению угольных формаций. В них отмечаются повышенные содержания мышьяка и свинца, в несколько раз превышающие кларковые значения. Возгорание отвалов оказывает влияние на подвижность микроэлементов

и определяет их перераспределение в породах отвалов и шлейфов. Кроме того, в связи с горением отвалов происходит увеличение содержания ПАУ на участках возгорания и прилегающих к отвалам почвах. Преобладают 2-3-ядерные соединения, которые можно считать индикационными для процессов сторания угля.

Литература

1. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник: в 6 кн. Под ред. Э.К. Буренкова. – М.: Недра, 1994.
2. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
3. Алехин В.И., Мигуля П.С., Проскурня Ю.А. Минералого-петрографические и эколого-геохимические особенности пород терриконов Донбасса (на примере Донецко-Макеевского промышленного района) // Сб. научн. тр. НГА Украины. – Днепропетровск, 1998, Т. 5, №3. – С. 35-39.
4. Ровинский Ф.Я., Теплицкая Т.А., Алексеева Т.А. Фоновый мониторинг полициклических ароматических углеводородов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988. – 224 с.
5. Оглобина А.И., Пиковский Ю.И., Добрянский Л.А., Курило М.В. Распределение полициклических ароматических углеводородов в угленосных отложениях Донецкого бассейна // Геологический журнал, 1992, №1. – С.107-115.

УДК 631.41

ГУМУСООБРАЗОВАНИЕ В ПЕРВИЧНЫХ ПОЧВАХ: РОЛЬ ЛАККАЗ ЛИШАЙНИКОВ

А.Г. Заварзина (1), А.В. Лисов (2), А.А. Заварзин (3)

- (1) Факультет почвоведения МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва, e-mail: zavarzina@mail.ru;
(2) Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К.Скрябина, Москва, e-mail: alex-lisov@rambler.ru; (3) Биолого-почвенный факультет СПбГУ, Санкт-Петербург, e-mail: az@bio.pu.ru

Гумус и органо-минеральные соединения являются характерными признаками почв, отличающими их от других минеральных (коры выветривания) или органических (угли) образований. Поэтому основными процессами при образовании почв можно считать накопление органического вещества, его гумификацию и органо-минеральные взаимодействия. Образование специфических соединений гумуса - гуминовых веществ (ГВ), а также органо-минеральных соединений приводит к выведению $C_{орг}$ из биотического цикла в резервуары с длительным временем пребывания ($n \times 10^3$ лет), что имеет принципиальное значение для гео-биологических процессов на суше. В современной биосфере почвы являются в основном продуктом жизнедеятельности высших растений, корневая система которых преобразует минеральный субстрат, а лигнин-содержащая мортмасса служит источником гумуса. Лигнин и фенольные продукты его деструкции подвергаются окислительной трансформации под воздействием грибных фенолоксидаз (лакказ, тирозиназ, пероксидаз) или элементов с переменной валентностью (Fe, Mn). Спонтанная конденсация полифенолов и продуктов их окисления (хинонов, семихинонов, феноксирадикалов) с азотистыми и алифатическими соединениями, углеводами и др. приводит к образованию ГВ - гетерогенных и полидисперсных макромолекул, устойчивых к микробной деструкции. ГВ могут образовываться как за счет частичной трансформации растительных остатков, так и за счет конденсации водорастворимых предшественников. В первом случае гумификация представляет собой твердофазную ферментацию растительного опада или корневой массы грибами, а во втором случае имеет место гетерофазная конденсация - синтез макромолекул на/у поверхности почвенных минералов, обладающих каталитической активностью [1]. Продуктами гетерофазной полимеризации являются высокомолекулярные органо-минеральные комплексы.

Несмотря на то, что высшие растения доминируют в большинстве наземных экосистем, в суровых климатических условиях, занимающих около 8% поверхности суши, преобладают альго-мико-бактериальные и лишайниковые сообщества. Эти сообщества считаются сукцессионными предшественниками высших растений, кроме того, считается, что они господствовали в растительном покрове суши в течение около 1 млрд. лет до появления высших растений в раннем девоне [2]. Непосредственное участие цианобактерий, зеленых водорослей, литофильных микроорганизмов, микроскопических грибов и лишайников в выветривании пород, образовании вторичных минералов и накоплении органического вещества в первичных почвах было установлено еще в ранних работах [3]. Считается, что альго-мико-бактериальным сообществам и лишайникам принадлежит ведущая роль в образовании первых примитивных почв на Земле [4]. Однако, процессы гумусообразования, сопутствующие колонизации минеральных субстратов литофильной микрофлорой, до сих пор остаются малоизученными. Во-первых, качественный состав соединений-предшественников ГВ в почвах под альго-мико-бактериальными сообществами отличается от такового в почвах под высшей растительностью. Низшие растения не содержат лигнина, а водоросли и цианобактерии практически не продуцируют фенольных соединений, поэтому для них характерно образование гумусоподобных полимеров - меланоидинов (продуктов конденсации аминокислот и сахаров под воздействием УФ излучения). Микроскопические грибы продуцируют гумусоподобные полимеры меланины, а также фенольные соединения, но не накапливают значительных количеств биомассы. Таким образом, "альго-мико-бактериальный" гумус отличен от гумуса высших растений как по составу, так и, скорее всего, по устойчивости к минерализации. Во-вторых, соотношение процессов гумусообразования (твердофазная ферментация/гетерофазная конденсация) в первичных почвах сдвинуто, скорее всего, в сторону гетерофазной конденсации, поскольку в этом случае

не требуется ни значительных количеств биомассы, ни высокой биологической активности, а достаточно продукции растворимых предшественников и наличия каталитически активной твердой фазы. Продуктом являются почвы-пленки.

Среди пионерной литофильной растительности особый интерес в аспекте первичного гумусообразования представляют лишайники. Многие виды накапливают значительные количества биомассы, причем недавно было установлено, что биомасса эпигейных лишайников содержит значительное количество водорастворимых фенольных соединений, в том числе конъюгаты фенолкарбоновых кислот [5]. Также недавно установлено, что лишайники порядка пельтигеровых продуцируют лакказы – фенолоксидазы, которые в зависимости от условий среды катализируют процессы конденсации фенольных соединений или участвуют в частичной деструкции лигнина и гуминовых веществ [1]. Таким образом, за счет продукции фенольных соединений лишайниковыми ассоциациями, в почвах под ними могут образовываться “настоящие” ГВ, а за счет продукции лакказ лишайники могут играть и биохимическую роль в первичном гумусообразовании, которая до сих пор была неизвестна. Фенольные соединения и ферменты, вымываемые из талломов лишайников дождевыми осадками, могут участвовать в процессах гетерофазного синтеза ГВ и их органо-минеральных соединений, что имеет большое значение для первичной стабилизации $C_{орг}$ в ранних почвах. Кроме того, лакказы лишайников могут участвовать и в трансформации новообразованных ГВ.

Целью работы было изучить возможность синтеза и деструкции гуминовых веществ лакказой *Solorina crocea* - почвостабилизирующего лишайника порядка Пельтигеровых. Таллом этого лишайника прочно связан с минеральным субстратом, что предполагает быструю адсорбцию ферментов и метаболитов, вымываемых из таллома, на почвенных частицах, кроме того, этот лишайник является наиболее активным продуцентом лакказ среди изученных нами видов. Из этого лишайника была выделена олигомерная лакказа и очищена до более стабильного и обладающего большим редокс потенциалом мономерного фермента [6]. Лакказа была иммобилизована на каолините, покрытом аморфной гидроокисью алюминия, изучены ее физико-химические свойства. Иммобилизованный фермент обладал большей термостабильностью и устойчивостью при хранении, чем свободный. К минерал-ферментному комплексу был добавлен раствор предшественников ГВ (фенолкарбоновые кислоты и аминокислоты) и далее смесь инкубировали в темноте в течение 48 ч. Затем смесь центрифугировали и экстрагировали связанные с минеральной фазой продукты реакции методами гель-фильтрации и УФ-видимой спектроскопии. Нами установлено образование соединений с массой до 75 кДа, которые по молекулярно-массовым распределениям и спектрам в видимой и УФ области были близки к ГК почв. Таким образом, впервые показана возможность гетерофазного синтеза полимерных органо-минеральных соединений из мономерных предшественников при участии лакказы лишайника. Гетерофазную конденсацию можно считать элементарным механизмом первичного гумусообразования. Для изучения роли лакказ лишайников в трансформации ГВ, почвенные гуминовые кислоты (ГК) инкубировали в присутствии олигомерной или мономерной лакказ лишайника *Solorina crocea*. Установлено, что через 48 часов инкубации снижалось количество высокомолекулярной фракции в ГК и образовывались продукты с меньшей молекулярной массой. Мономерная лакказа была несколько более эффективна, что согласуется с ее более высоким редокс-потенциалом. Таким образом, показана возможность деполимеризации почвенных гуминовых веществ лакказами лишайника.

Литература

1. Заварзина А.Г. Реконструкция возникновения палеопочв на основе современных процессов гумусообразования. Палеопочвы и индикаторы континентального выветривания в истории биосферы. Серия «Гео-биологические системы в прошлом», М.: ПИН РАН, 2010, с. 36–75.
2. Заварзин Г.А. Эволюция прокариотной биосферы: “Микробы в круговороте жизни”. 120 лет спустя: Чтение им. С.Н.Виноградского, ред. Колотилова Н.Н. М.: МАКС Пресс, 2011, 144 с.
3. Глазовская М.А. О соотношении процессов выветривания и почвообразования. Докл. Сов. Почвоведов к VII межд. конгр. в США, Изд-во АН СССР, Москва, 1960, с. 318-322.
4. Добровольский Г.В. Роль и значение почв в становлении и эволюции жизни на Земле. В кн. “Эволюция биосферы и биоразнообразие” (к 70-летию А.Ю. Розанова). Изд. КМК, М, 2006 с. 246-257.
5. Загоскина Н.В., Николаева Т.Н., Лапшин П.В., Заварзина А.Г., Заварзин А.А. О содержании фенольных соединений в различных видах лишайников Кольского полуострова. Химия растительного сырья №4, 2012, с. 245–249.
6. Lisov A., Zavarzina A., Zavarzin A., Demin V., Leontievsky A. Dimeric and monomeric laccases of soil-stabilizing lichen *Solorina crocea*: purification, properties and reactions with humic acids. Soil Biology and Biochemistry V. 45, 2012, p. 161-167.

УДК 504.064.2

ПОСТУПЛЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ПАУ В ЭКОСИСТЕМЫ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ЛОСИНЫЙ ОСТРОВ» ОТ МОСКОВСКОЙ КОЛЬЦЕВОЙ АВТОДОРОГИ

Ю.А. Завгородняя, А.Л. Чикидова, Е.А. Бочарова

МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, e-mail: zyu99@mail.ru

Важнейшую группу суперэкотоксикантов составляют полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) – органические соединения биогенного и техногенного происхождения, обладающие высокой

токсичностью, канцерогенной и мутагенной активностью и значительной устойчивостью в окружающей среде. Особую важность представляет изучение поведения ПАУ в местах с высокой плотностью населения – в экосистемах городов и мегаполисов, где возможность прямого воздействия токсикантов на человека гораздо выше. Одним из основных источников поступления ПАУ в окружающую среду является автотранспорт, вклад которого в общую техногенную нагрузку на территории города может составлять до 90 %.

Национальный парк «Лосиный остров» является одним из крупнейших лесных массивов в г.Москве. Мощным источником техногенной нагрузки, находящимся непосредственно на территории парка, является Московская кольцевая автодорога (МКАД), которая играет существенную роль в поступлении полиаренов вместе с автотранспортными выбросами в примыкающие к ней экосистемы. Отсутствие в центральной части «Лосино острова» других крупных источников загрязнения позволяет считать, что распространение техногенных ПАУ в данном районе является результатом функционирования магистрали, и дает уникальную возможность изучения влияния собственно автотранспорта на накопление полиаренов в парковых экосистемах города.

Поступление ПАУ на территорию примыкающего к МКАД лесного массива происходит с выхлопными газами автомобилей и продуктами истирания шин и дорожного покрытия. При этом основным путем распространения загрязняющих веществ от автомагистрали является аэральный. В атмосфере ПАУ ассоциированы преимущественно с аэрозольными частицами, вместе с которыми происходит перенос ПАУ воздушными массами и осаждение из атмосферного воздуха [1]. В зимнее время года токсиканты интенсивно аккумулируются снежным покровом в составе твердофазных выпадений, и в весенний период происходит залповое поступление сорбированных пылевыми частицами ПАУ в почвы парка.

В вегетационный период первым барьером на пути переносимых от источника выброса загрязняющих веществ становятся растения. Листья и хвоя древесных растений способны аккумулировать ПАУ в течение всего вегетационного сезона, причем эта аккумуляция связана как с накоплением твердых частиц на поверхности кутикулы за счет импакции, так и с поступлением молекул углеводородов в растительные ткани в результате газообмена [2]. Затем сорбированные ПАУ попадают на поверхность почв парка: в лиственных сообществах в основном со свежеепавшими листьями, которые полностью минерализуются за следующий вегетационный сезон, в хвойных парцеллах – в течение всего года с опадом, образующим подстилочный горизонт. Почвенный покров становится конечной депонирующей средой для техногенных ПАУ в лесных экосистемах «Лосино острова» и может служить индикатором хронического загрязнения, источником которого выступает МКАД.

Были изучены содержание и состав ПАУ, поступающих от МКАД с твердыми аэральными выпадениями в почвы лесных экосистем НП «Лосиный остров». В московской части парка были заложены пробные площадки, расположенные между МКАД и селитебной зоной на различных расстояниях от дорожного полотна под монодоминантными растительными сообществами: нелистопадными хвойными (мертвопокровные ельники) и листопадными широколиственными (спелые липняки). На площадках производили отбор проб верхнего минерального горизонта почв, листовного опада в липняках и горизонта подстилки в ельниках, листьев липы до начала листопада, проб снега перед интенсивным снеготаянием, из которых выделяли фракцию твердого осадка. В пробах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии были количественно определены 3-4-ядерные ПАУ, относящихся к «легким» – фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен, бенз(а)антрацен, хризен; а также «тяжелые» (5-6-ядерные) ПАУ – бензо(б)флуорантен, бензо(к)флуорантен, бенз(а)пирен, дибенз(а,һ)антрацен, бензо(ɡ,һ,і)перилен.

В листьях липы в составе ПАУ преобладали низкомолекулярные гомологи (более 70 %); особенно высоким было содержание фенантрена (до 50 %). В напочвенном опаде липы содержание легких ПАУ значительно снижается по сравнению с неопавшими листьями при сходном содержании более тяжелых гомологов. В подстилках ельников вклад легких полиаренов был заметно выше, чем в опаде липняков, при преобладании флуорантена (25 %). Высокое содержание 3-4-кольчатых полиаренов в хвое и листьях может быть связано как с селективным поглощением растениями из воздуха легких ПАУ, испаряющихся из твердого аэрозоля в газовую фазу атмосферы, так и с биогенным синтезом поликонденсированных структур, входящих в состав липидов восковой кутикулы [3]. В гумусовых горизонтах почв еловых фитоценозов, как и в подстилках, в общем составе ПАУ преобладают легкие полиарены. В отличие от почв ельников, в гумусовых горизонтах почв под листопадными породами доля 3-4-кольчатых ПАУ составляет менее 50 % от их суммарного содержания, что может быть связано с активной деятельностью почвенной микрофлоры, участвующей в разложении углеводородов. При этом наблюдалась тенденция к повышению в 2-3 раза содержания легких ПАУ в верхнем слое почв после листопада. Для твердых аэральных выпадений, поступающих после снеготаяния на поверхность почв липняков, напротив, характерно низкое содержание фенантрена, что свидетельствует о снижении зимой доли биогенного фактора в накоплении ПАУ под лиственными биоценозами. Под еловыми парцеллами содержание низкомолекулярных полиаренов в снеге было высоким за счет накопления хвойного опада.

Следовательно, для почв лесной зоны парка сложно разделить вклад «легких» ПАУ, поступающих с техногенными выбросами от автомагистрали и синтезированных в процессе роста растений и гумусообразования. Более надежным индикатором загрязнения в данном случае могут служить «тяжелые» ПАУ, синтез которых в растениях протекает в весьма слабой степени.

Данные трехлетних наблюдений позволяют выявить тенденцию в поступлении ПАУ с автотранспортными выбросами в экосистемы парка. Максимальная аккумуляция аэральных выпадений тяжелых ПАУ на поверхности листьев липы происходит в прилегающей к МКАД стометровой зоне (0,16-0,26 мкг/г). При удалении от МКАД содержание тяжелых ПАУ в опаде снижается, достигая минимума (0,05-0,06 мкг/г) в 500 м от дорожного полотна. Увеличение содержания полиаренов в листовом материале до 0,13-0,2 мкг/г наблюдалось на участках, расположенных на локальном повышении в рельефе и рядом с просеками.

Приподнятые относительно остальной территории кроны деревьев становятся препятствием и местом повышенной импакции для переносимых от МКАД с воздушными массами ПАУ, сорбированных легкими частицами.

В зимнее время область интенсивного накопления поллютантов также расположена рядом с дорогой (до 70 мкг тяжелых ПАУ/м²). На расстоянии более 200 м количество выпадений резко снижается, при этом происходит относительное обогащение пылевых частиц аэрозоля высокомолекулярными гомологами ПАУ. Зимой, в отсутствие листвы, кроны деревьев перестают быть серьезным препятствием для перемещения с воздушными потоками мелких частиц, содержащих ПАУ, и распределение загрязнителей от кольцевой автодороги происходит более равномерно. Вне зоны сильного влияния магистрали для листопадных и еловых сообществ получены сходные величины поступления тяжелых ПАУ со снегом (17 мкг/м²), что демонстрирует слабое влияние на мокрое осаждение легких пылевых частиц защищенности растительным пологом почвенной поверхности.

Таким образом вокруг МКАД в пределах 100 м на залесенной территории парка «Лосиный остров» формируется транспортная аномалия с высоким уровнем выпадений ПАУ. Подстилающие почвы отражают аэральное распределение техногенной нагрузки от магистрали. В непосредственной близости от МКАД в почвах под двумя типами фитоценозов было получено высокое содержание тяжелых ПАУ (0,3 мкг/г), накопление которых происходит преимущественно за счет выпадений, поступающих от автомагистрали в приземных слоях воздуха, для которых граница лесного массива является естественным барьером. По мере увеличения расстояния от полотна дороги содержание ПАУ в почвах постепенно снижается до (0,05-0,1 мкг/г), повышаясь до (0,25 мкг/г) в биоценозах, приуроченных к зонам локального накопления аэральные частицы выступающими кронами деревьев. Для почв, сформированных под липняками, содержание 5-6-ядерных ПАУ в минеральных горизонтах в 1,5-2 раза выше, чем на той же глубине под ельниками.

Литература

1. Baek S.O., Field R.A., Goldstone M.E., Kirk P.W., Lester J.N., Perry R. A review of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: sources, fate and behavior // Water, Air and Soil Pollution. 1991. V.60. P.279- 300.
2. Смит У.Х. Лес и атмосфера. М.: Прогресс. 1985. 430 с.
3. Яковлева Е.В. Полициклические ароматические углеводороды в системе почва-растение // Дисс. на соиск. уч. степ. канд. биол. наук. Москва. 2009.

УДК 631.4

РОЛЬ ГЛЕЕОБРАЗОВАНИЯ И СУЛЬФАТРЕДУКЦИИ В ФОРМИРОВАНИИ СВОЙСТВ ЛИЗИМЕТРИЧЕСКИХ ВОД (МОДЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ)

Ф.Р.Зайдельман, С.М.Черкас, Н.Н.Дзизенко,

Факультет почвоведения МГУ им. М.В.Ломоносова. 119991, Москва, e-mail: frz10@yandex.ru

Влиянию процесса глееобразования на свойства твёрдой фазы минеральных почв и пород посвящена значительная литература. Она свидетельствует о том, что при глееобразовании, особенно в условиях застойно-промывного водного режима, происходит трансформация и переход в подвижное состояние большинства металлов, неметаллов и органических соединений. Одновременно в анаэробной среде при наличии в почве сульфатов возникает другой процесс, который фиксирует двухвалентное железо на месте образования и резко ограничивает его вынос. Он получил название сульфатредукция. Эти два процесса – глееобразование и сульфатредукция – в значительной мере определяют химический состав лизиметрических вод, вод дренажного стока и гидрохимию потоков гравитационной влаги. Всё это позволяет предполагать, что в результате такого воздействия глееобразования и сульфатредукции на почвы и породы возможны существенные изменения свойств не только твёрдой фазы, но и химического состава потоков гравитационных вод. Одна из первых работ по изучению влияния глееобразования на химический состав лизиметрических вод была предпринята Витынем в 1934 г. Он обнаружил резкое увеличение кислотности суспензии в результате длительной инкубации моренного суглинка с углеводами в анаэробных условиях. Позднее Касаткиным была предпринята серия опытов с моренной глиной, которая промывалась соляной кислотой разной концентрации в аэробных и водой в анаэробных условиях. Максимальный вынос железа в раствор происходил в условиях глубокого анаэробноз при воздействии воды на глину. Автором был сделан вывод о том, что анаэробноз в условиях избыточного увлажнения в присутствии органического вещества, способного к ферментации, вызывает резкое подкисление породы, её декальцинирование, переход в раствор закисного железа.

В дальнейшем Блумфилд показал, что оглеение может быть вызвано ферментативным разложением сахаров и органического материала (свежих и сухих листьев, травы). Позднее Сюта исследовал интенсивность выноса щёлочноземельных металлов, железа, алюминия и фосфора из карбонатного лёсса в колонках высотой 50 и диаметром 14 см на фоне восстановительных условий при ферментации сахарозы и крахмала и в аэробных условиях при промывке породы 0,02 н. соляной кислотой. В этом случае (в отличие от кислотного элювиирования) наиболее активно выносятся щёлочноземельные металлы, железо и алюминий.

В относительно небольших количествах вынос железа и алюминия в варианте с анаэробной ферментацией удавалось обнаружить почти немедленно после взаимодействия породы с продуктами анаэробного распада углеводов. В отличие от анаэробного варианта при промывке лёсса соляной кислотой это явление можно было наблюдать только на 110-120 день после начала эксперимента. Но при этом были обнаружены лишь незначительные следы этих элементов. Сюта показал, что анаэробные условия явились причиной увеличения выхода в раствор железа в 196 раз и алюминия в 3,6 раза по сравнению с выносом этих

окислов 0,02 н. соляной кислотой. Он справедливо полагал, что кислая среда - недостаточное условие для равномерного вымывания минеральных соединений из почвы. Таким образом глееобразование – процесс, при котором возможно мощное кислотное воздействие на минеральный состав почвы. Это определяется тем, что большинство образованных при оглеении органических соединений кислотной природы оказывают сильное триединое действие на минеральную массу почв. Они действуют как органические кислоты; как вещества, способные к образованию комплексных и внутрикомплексных соединений и как восстановители. В дальнейшем при изучении глееобразования в условиях застойного и застойно – промывного водного режима на примере лёссовидного, моренного карбонатного суглинков и флювиогляциального песка было показано, что этот процесс переводит в подвижное состояние не только марганец, железо, алюминий, но и кальций, магний, титан, фосфор, органоминеральные и другие соединения в несопоставимо больших размерах, чем это имеет место при глееобразовании в застойном водном режиме. Вся эта масса веществ поступает в лизиметрический сток и выносится гравитационной влагой за пределы модельного почвенного профиля. Глееобразование в условиях застойно-промывного водного режима в несколько раз или в десятки раз увеличивает переход в раствор металлов и органоминеральных соединений. В частности, он ответственен за формирование светлых кислых элювиальных горизонтов. Цель наших исследований заключалась в количественной оценке влияния широко распространённых почвообразовательных процессов – глееобразования и сульфатредукции – на изменения физико-химических и химических свойств лизиметрических вод из широко распространённых пород – речного глинистого аллювия, лёссовидной глины и озёрного засоленного карбонатного тяжело суглинистого аллювия. В качестве основных характеристик использовали морфохроматические признаки гидроморфизма пород; динамика рН; и ОВП; интенсивность поступления в лизиметрические воды железа, кальция и кремния в условиях застойно-промывного режима с пульсирующей сменой анаэробного и аэробного режимов. Для поддержания анаэробных условий затопление опытных образцов этих трёх пород производили 1% раствором сахарозы. Контрольные образцы исследовали по той же схеме, но их затопляли дистиллированной водой. В условиях Затопления длилось 10 дней, затем через донный водовыпуск вода сливалась и образец на 3 суток оставляли на просушку.

Морфохроматические признаки оглеения и сульфатредукции отчётливо проявлялись через четырёх-шесть недель после начала эксперимента. Через 4-6 месяцев эти признаки (голубовато-сизая окраска при оглеении и чёрная или тёмносерая) проявляются во всей исследуемой толще почвообразующей породы. Это происходит на фоне глубокого падения ОВП и существенного подкисления всех пород.

В бескарбонатных породах (речном аллювии и лёссовидной глине) глееобразование в условиях застойно-промывного режима при наличии органического вещества способного к ферментации сопровождается прогрессирующим подкислением лизиметрических вод (до 3-4 единиц рН по сравнению с контролем и 1,2-1,8 ед. рН по сравнению с начальными значениями этого параметра в условиях эксперимента).

В условиях сульфатредукции изменения рН лизиметрических вод носят двухэтапный характер. На первом этапе в результате окисления сульфида железа и образования серной кислоты происходит подкисление лизиметрических вод. После завершения этого этапа и прекращения поступления серной кислоты в результате распада пирита наблюдается подъём значений рН до 8,2-8,4. Это обусловлено значительными естественными резервами карбоната кальция в озёрном карбонатном засоленном аллювии.

Кривые ОВП лизиметрических вод из лёссовидного суглинка и озёрного засоленного карбонатного тяжелого суглинка выходят на плато и изменяются в узком интервале 10-160 и 0-50 мВ соответственно. Такой характер изменения ОВП лизиметрических вод обусловлен особенностями структурным состоянием почв, степенью их слитизации и уплотнения.

Наибольший вынос оксида железа происходит из речного легкоглинистого аллювия в условиях застойно-промывного режима с внесением 1% раствора сахарозы. Это связано с высоким исходным содержанием оксида железа в породе (7,5% Fe_2O_3 от валового состава). Суммарный вынос Fe_2O_3 9340 мг. За ним следует лёссовидная легкая глина – 5155 мг Fe_2O_3 (содержание оксида железа в исходной породе 4,2% от общего валового состава). Наименьший вынос происходит из озёрного засоленного тяжелоуглинистого аллювия – 2986 мг оксида железа. Торможение выноса Fe_2O_3 из озёрных засоленных карбонатных пород объясняется присутствием сульфатов, развитием в анаэробной среде процесса сульфатредукции, образованием слаборастворимого сульфида железа.

Наибольший вынос оксида кальция отмечен в озёрном засоленном тяжелоуглинистом аллювии – 37474 мг, что обусловлено высоким исходным содержанием карбонатов в породе. На втором месте по выносу оксида кальция – речной легкоглинистый аллювий – 13430 мг. Минимальный вынос имеет место в лёссовидной легкой глине – 7155 мг.

Вынос оксида кремния весьма динамичен из всех пород. Наибольший вынос оксида кремния наблюдается из лёссовидной легкой глины и речного легкоглинистого аллювия в анаэробном варианте опыта на фоне застойно-промывного водного режима.

Значительное увеличение выхода кремнезема из этих пород обусловлено присутствием в них больших масс аморфного кремния, растворимого в воде. Далее следует озёрный засоленный тяжелоуглинистый аллювий – 1458 мг. Показано, что в аэробной среде в условиях застойно-промывного водного режима происходит максимальный вынос кремнезема из лёссовидной легкой глины – 1284 мг, что всего в 2,5 раза меньше, чем в анаэробном варианте опыта. Такое увеличение выхода кремнезема из лёссовидной легкой глины в аэробной среде объясняется высоким содержанием фракции крупной пыли в породе и SiO_2 . В анаэробной среде в условиях застойно-промывного водного режима под влиянием глееобразования и сульфатредукции вынос элементов в несколько раз) превышает их вынос в аэробных условиях.

Литература

1. Зайдельман Ф.Р. Процесс глееобразования и его роль в формировании почв. М.: Изд-во МГУ, 1998. 300 с.
2. Зайдельман Ф.Р. Теория образования светлых кислых элювиальных горизонтов и её прикладные аспекты. М.: Изд-во Красанд, 2009. 248 с.

УДК 631.4

МОДЕЛИ ТЕХНОПЕДОГЕНЕЗА НА ФУТБОЛЬНЫХ ПОЛЯХ

И.В. Замотаев (1), В.П. Белобров (2), Д.Л. Шевелев (3)

(1) *Институт географии РАН, Москва, e-mail: zivigran@rambler.ru;* (2) *Почвенный институт имени В.В. Докучаева, Москва, e-mail: belobrovvp@mail.ru;* (3) *ФГУП ПНЦ АП им. Пилюгина, dima28@yaol.ru*

Как неоднократно отмечала в своих работах М.А. Глазовская [1, 2], техногенез («совокупность геохимических и геофизических процессов, связанных с деятельностью человека») стал в настоящее время мощным фактором почвообразования, воздействие которого на почвы приобретает глобальный масштаб. При этом скорость и интенсивность их техногенной трансформации, устойчивость вновь приобретенных свойств во многом зависит от вида, интенсивности и регулярности техногенного воздействия, буферности исходной и характера функционирования вновь образованной почвы или почвоподобного тела.

Трансформированные почвы и почвоподобные техногенные образования (ПТО) футбольных полей (ФП), созданные по образу и подобию естественных почв, являются одними из наиболее сложных объектов многопланового комплексного взаимодействия техногенных и природных процессов, испытывающих постоянную эволюцию во времени. Их свойства, процессные модели технопедогенеза мало изучены, что затрудняет выявление причин деградации спортивных газонов, которые обычно связывают с неудовлетворительной агротехникой, погодными условиями и чрезмерной эксплуатацией. Кроме того, трансформированные почвы и ПТО нуждаются в систематике, требуют постоянного мониторинга их состояния, адаптации к различным природно-климатическим зонам России.

Опорными для описания и анализов были выбраны трансформированные почвы и ПТО футбольных полей ряда гумидных и аридных областей России и Беларуси, которые резко различаются по возрасту (времени эксплуатации), природным условиям и свойствам. Проведенные почвенно-генетические исследования с использованием сравнительно-географического, ландшафтно-геохимического и сравнительно-хронологического методов показали, что условия формирования почв и ПТО футбольных полей, а также характер элементарных почвенных процессов (ЭПП) во всех природных зонах имеют свои особенности. На воздействие природных факторов накладываются специфические агротехнические и спортивные воздействия, совокупность которых предлагается называть спортивным техногенезом [3, 4]. При этом почвоподобные толщи ФП разных функциональных групп сильно различаются по набору агротехнических мероприятий, интенсивности и регулярности спортивной нагрузки.

ПТО профессиональных полей («Динамо», г. Москва; «Динамо», п. Новогорск, М.о.; «Спартак», п. Черкизово, М.о.; «Динамо», г. Махачкала; «Сатурн», г. Раменское; «Диана», г. Волжск; «Черноморец», г. Новороссийск; «Гомель», р. Беларусь и др.) подвержены наиболее высоким техногенным нагрузкам и включают обильный полив, подогрев, пескование (120 м³), внесение азотных (карбамид, аммиачная селитра), калийных и комплексных удобрений (нитрофоска, азофоска, кемира газонная и др.; от 1 до 3 т), землевание (40 м³), технотурбации и регулярные спортивные воздействия (40-60 часов в месяц). Техно-почвы спортивно-массовых полей («Старт», «Наука», РУДН, «Искра», г. Москва; «Знамя», г. Ногинск; ФП г. Подольск; «Торпедо», г. Мытищи, М.о.) испытывают умеренные нагрузки. На эти поля вносятся меньше минеральных удобрений (100-500 кг), песка (20-30 м³) и «готового» органического вещества при землевании (10 м³). Расход воды на полив в целом значительно ниже, отсутствует система техногенного прогревания почв, не везде проводится аэрация поверхностных горизонтов; спортивная нагрузка составляет 20-30 часов в месяц. Для физкультурных полей (ФП, г. Воскресенск; «Салют», п. Вороново, М.о.) и свойственных им техногенно-естественных почв характерны наименьшие нагрузки, главной из которых является стрижка газона.

Почвы физкультурных ФП, испытывающие влияние деятельности человека только в пределах верхнего горизонта, развиваются по «идеальной» (или нормальной) природной модели почвообразования и мало чем отличаются по процессам, строению и свойствам от фоновых почв окружающих территорий.

На спортивно-массовых ФП Московского региона реализуется «техногенно-осложненная» модель педогенеза; вертикально-профильная дифференциация сочетается с техногенным привнесением на поверхность твердофазного и хемогенного материала в малых количествах (аккумулятивно-седиментационная и аккумулятивно-хемогенная модель). ЭПП, формирующие профили техно-дерново-подзолистых почв, существенно отличаются от фоновых как интенсивностью некоторых процессов, так и появлением качественно новых, например, окарбонирования и подщелачивания [6].

ПТО профессиональных ФП ряда гумидных и аридных областей России и Беларуси формируются в специфических природно-техногенных условиях и обладают сочетанием свойств и признаков, не имеющих аналогов в уже известных почвенных типах. Для них характерно развитие одновременно в нескольких процессных моделях технопедогенеза («комбинированная техногенно-преобразованная» модель). Идеальный педогенез на ФП (нормальная модель) сочетается с комбинациями явлений технотурбации (технотурбационная модель), зоотурбации (зоотурбационная модель), с аномальными поверхностными хемогенными (аккумулятивно-хемогенная модель) и твердофазными поступлениями на поверхность ПТО (аккумулятивно-седиментационная модель). Данные процессы имеют разную направленность. Процессы собственно

педогенеза приводят к вертикально-профильной дифференциации ПТО. Поступление же аллохтонного твердого материала (пескование и землевание) приводит к увеличению мощности профиля сверху, что характерно для почв синлитогенного ствола, который объединяет почвы, в которых почвообразование протекает одновременно с аккумуляцией свежего минерального материала, например, аллювиальных или вулканических пепловых [5].

По характеру воздействия на ПТО футбольных полей ЭПП разделены на три группы: «проградационные» аккумулятивные (наращивание агрономически важных свойств дернового горизонта), «деградационные» элювиальные (ослабление, стирание этих свойств) и «химически-деградационные» (подщелачивание, окарбонирование, осолонцевание, загрязнение). Как показывают проведенные исследования, эти группы процессов, приводят к неустойчивому равновесию свойств в профиле ПТО. Характерное время ЭПП многократно сжато в силу мощного техногенного воздействия. В течение нескольких десятилетий прогрессирующая физическая и химическая деградация приводит к выщелачиванию питательных элементов из профиля, оглеению, лессиважу и партлюации, миграции гумусовых соединений, окарбонированию, осолонцеванию, сегрегации и цементации, уплотнению, загрязнению тяжелыми металлами и мышьяком.

Высокие температуры и повышенная влажность профиля ПТО увеличивают скорости процессов выветривания и миграции минеральной массы, разложения, синтеза и минерализации органических веществ. Высвобождение элементов питания для трав происходит интенсивнее и полнее. Эти процессы способны вывести из функционального состояния любое искусственное созданное спортивное сооружение, включая ФП. Как правило, они проявляются опосредованно через различные внешние признаки неудовлетворительного состояния газона: нано- и микрорельеф, постоянное выпадение травы на отдельных участках, формирование локальных поверхностных водоупоров, т.н. «аварийных зон» ФП (вратарские, штрафные, угловые, зоны безопасности, 11-ти метровые отметки).

Повышенное уплотнение приводит к снижению общей пористости и содержания крупных пор, обеспечивающих аэрацию, впитывание и фильтрацию воды. Формируются «вымочки», изменяется режим водного и особенно минерального питания трав. Это наиболее динамичные участки ФП - «горячие точки», локальные очаги деградации ПТО вследствие спортивного воздействия и проявления ЭПП. В конечном итоге покров ПТО, который создается гомогенным «при рождении», в чем-то аналогичным естественному элементарному почвенному ареалу (ЭПА), приобретает черты сходные со структурой, в которой имеет место чередование разнородных элементарных ареалов ПТО. ФП даже визуально приобретает с поверхности пятнистый характер, обусловленный формированием нанорельефа, пространственными различиями в увлажнении, плотности, гумусированности, лессиваже, оглеении и т.д.

Литература

1. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа. 1988. 324 с.
2. Глазовская М.А. Геохимические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям: Метод. Пособие. М.: Изд.-во Моск. Ун-та, 1997. 102 с.
3. Замотаев И.В., Белобров В.П. Технопедогенез на искусственных субстратах футбольных полей // Экологическое планирование и управление, № 3(4), 2007. С. 48-63.
4. Замотаев И.В., Шевелев Д.Л. Спортивный техногенез как фактор почвообразования // Проблемы региональной экологии. № 6, 2009. С. 268-274.
5. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена. 2004. 342 с.
6. Шевелев Д.Л., Замотаев И.В. Особенности технопедогенеза на футбольных полях Московского региона // Проблемы региональной экологии. № 6, 2011. С. 35-52.

УДК 631.4

РОЛЬ ПОЧВООБРАЗУЮЩЕЙ ПОРОДЫ В ГЕНЕЗИСЕ ПОЧВ

Т.А. Зубкова, Л.О. Карпачевский

МГУ имени М.В. Ломоносова, факультет почвоведения, Москва, e-mail: dusy.taz@mail.ru

На первых этапах развития почва максимально зависит от свойств почвообразующей породы. Сама порода включается в почвенные процессы, изменяется и превращается в почву. Поэтому свойства породы определяют многие функции будущей почвы. В настоящее время первичное почвообразование переживает «новое рождение», и связано это с рекультивацией отвалов, горных разработок, терриконов, карьеров, золоотвалов, шламов, мусорных свалок и других. Так же остро стоит вопрос синтеза искусственных почв для мегаполисов. Какую необходимо создавать смесь, чтобы она быстро вовлекалась в почвообразование. Практика показывает, что пока не найдены механизмы синтеза почв. Поэтому вопрос о роли почвообразующей породы в формировании почвы актуальный и своевременный. Именно этому и посвящена представленная работа.

Почвообразующими породами могут быть «чистые» горные породы или породы, прошедшие циклы почвенных процессов, а также материал верхних гумусовых горизонтов почв, принесенный из других мест ветром или водой [1] и другие материалы (золоотвалы, бытовой мусор и т.п.). Начальный цикл почвообразования развивается и на отходах горнодобывающих и перерабатывающих предприятий, разнообразных по химическому и гранулометрическому составу.

Необходимо отметить, что два главных признака отличают любую почву от рыхлых отложений: гумусированность и особая структура (дифференциация профиля и форма агрегатов). В настоящее время

почти все осадочные породы, которые появились 3,8 млрд. лет тому назад, прошли стадию почвообразования. Об этом свидетельствует содержание углерода в них. Каменные метеориты содержат $4 \cdot 10^{-2}$ % углерода, ультраосновные и основные изверженные породы (дуниты, габбро, базальты) $1 \cdot 10^{-2}$ %, средние (диориты, андезиты) и кислые (граниты, гранитоиды) изверженные породы $2 \cdot 10^{-2}$ %. В осадочных породах (глины и сланцы) содержание углерода достигает 1%, в среднем колеблясь около 0,2-0,6%. Углистые хондриты содержат 3,4% С [2]. Моренные суглинки, лёссы содержат около 0,3-0,5% С. В заведомо абиогенных (лишенных жизни, любых, даже микроскопических организмах) рыхлых лунных грунтов содержание углерода составляет $(6,4-23) \cdot 10^{-2}$ % (в среднем $14 \cdot 10^{-2}$), т.е. несколько превышает его содержание в изверженных породах Земли, но меньше, чем доля углерода в осадочных породах Земли. Лунный реголит показывает, что осадочные породы, образуясь из изверженных, накапливают углерод даже в отсутствии живых организмов. Но в присутствии живых организмов это увеличение достоверно больше. Среди былых почв - слои каменного угля, глинистые сланцы, некоторые известковые породы, глинистые и песчаные отложения, лёссы. В них выявлены следы почвообразования, которые приурочены к тонким прослойкам, иногда доли мм. Таким образом, почвообразующая порода современных почв имеет следы былых почвообразовательных процессов.

Осадочные породы можно считать предпочвами. Предпочвы – это смесь минерального и органического вещества абиотического происхождения, т.е. есть углерод, но нет биоты. Появившиеся первые организмы были сорбированы на матрице осадочных пород. Это уже была протопочва, со своей структурой, организацией и экологическими функциями.

Однако почему осадочные породы явились первыми предвестниками почв, а не изверженные? Дело даже не только в повышенном содержании углерода в осадочных породах, а в степени их дисперсности, в развитой поверхности по сравнению с изверженными породами. Это относится и к современным твердым породам. Как было показано ранее [3] травы и отдельные деревья вырастают не на плотной породе, а в расщелинах и в трещинах, где скапливается мелкозем, занесенный ветром или водными потоками с других территорий.

Возможно, предпочва связана с возникновением жизни и биосферы, поскольку минеральная матрица рыхлых пород может ускорять процессы образования высокомолекулярных органических соединений, включая и гиперциклы. Причем, каталитическая роль проявлялась не только в ускорении, но и в выборе продуктов химических реакций в пребиотический период [4].

Влияние почвообразующей породы распространяется не только на начальные процессы почвообразования, но и на всю дальнейшую жизнь почвы. Встает вопрос, какие свойства породы наиболее существенные для развития почвы. Оказывается, классификация горных пород не несет такой информации. Обычно породы классифицируются по их генезису, по содержанию в них кремния и др. Однако нет классификации пород по их гранулометрическому составу или же по их поверхностным свойствам, хотя именно свойства поверхности (размеры и химическая активность) задают направление развития почвенных свойств [5]. Так, максимальное количество гумуса в почве определяется величиной удельной поверхности. Агрегатная структура (форма и механическая прочность агрегатов), количество иммобилизованных ферментов и микроорганизмов также связаны со свойствами поверхности. Если с площадью поверхности почвоведы давно имеют дело – это удельная поверхность по воде, по азоту, то с оценкой химической активности, т.е. «химией поверхности» - совсем недавно [5]. Именно «химия поверхности» позволяет увязать все разнообразие почвенного материала в одну систему и выразить спектром активных центров (кислотной и основной природы) по силе. Он индивидуален для каждого горизонта. Причем, чем больше различий между почвенными горизонтами по их матричным свойствам, тем контрастнее почвенный профиль. Целесообразно и почвообразующую породу также оценивать по ее матричным свойствам - размер поверхности и спектр активных центров, который включает распределение по силе кислотных и основных центров (распределение центров по энергии десорбции молекулы-теста на кислотные центры и основные).

Почвообразующая порода задает направление в развитии почв и ставит запреты на появление некоторых свойств, как, например, на характер агрегатов. На легкосуглинистых и песчаных почвах не могут образовываться агрегаты с выраженными формами граней и ребер (зернистые, ореховатые, призматические), а в суглинистых почвах не встречаются ортзанды. Максимальное количество гумуса, которое может удерживать почва в адсорбированном состоянии, определяется размерами минеральной матрицы. Размеры минеральной матрицы наследуются от породы и не могут сильно меняться в процессе генезиса почвы (более, чем на 1 порядок по гранулометрическому составу). Например, на песчаной и супесчаной породе не могут формироваться среднесуглинистые и тем более тяжелосуглинистые почвы.

Таким образом, почвообразующие породы – это не только «чистая» горная порода (отходы горнодобывающих и перерабатывающих предприятий и др.), но и породы, прошедшие циклы почвенных процессов, а также гумусовые горизонты почв, принесенные из других территорий. Формирование первичных почв приурочено к рыхлым горным породам. На твердых изверженных породах полнопрофильные почвы не образуются, и связано это с относительно высокой степенью дисперсности осадочных пород. Осадочные породы представляли собой предпочвы - смеси минерального и органического вещества абиотического происхождения. Вероятно, предпочвы способствовали первичной эволюции организмов (на уровне гиперциклов и низших организмов), что привело к появлению биосферы и дальнейшей ее эволюции. Почвообразующая порода может ставить запреты на некоторые почвенные процессы, как например, на максимальное содержание гумуса, микроорганизмов, формы агрегатов и другие. Предлагается оценка почвообразующих пород по ее матричным свойствам: размеры поверхности и спектр кислотных и основных центров по силе.

Литература

1. Глазовская М.А. «Педолитогенез и континентальные циклы углерода» м.: Книжный дом «Либроком», 2009. 336 с
2. Яншин А.Л. Возникновение проблемы эволюции геологических процессов. Сб. Эволюция геологических процессов в истории Земли. М. «Наука». 1993.
3. Карпачевский Л.О. Экологическое почвоведение. М.: ГЕОС. 2005. 334 с.
4. Зубкова Т.А., Карпачевский Л.О. Роль минеральной матрицы горных пород в эволюции биосферы и почвы //Биосферные функции почвенного покрова. Материалы Всероссийской научной конференции. Пушино. SYNCHROBOOK. 2010. С. 129-130
5. Зубкова Т.А., Карпачевский Л.О. Матричная организация почв. М.: РУСАКИ. 2001. 296 с.

УДК 631.41

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ ПОГРЕБЕНИЯ ПОЧВ ПО КОНЦЕНТРАЦИИ ^{14}C В ИХ ГУМУСЕ

И.В Иванов

ИФХиБПП РАН, Пушино Московской области, e-mail: ivanov-v-28@mail.ru

Закономерности поведения радиоуглерода в почве. Для установления равновесной концентрации ^{14}C в гумусе черноземов необходимо определенное время. За такое время мы приняли 1600 лет, что соответствует среднему времени пребывания (mrt , в годах) ^{14}C в гуминовых кислотах (гк) черноземов (в слое 0-20 см). Дальнейшие соображения относятся к этой глубине. Концентрации ^{14}C (далее- ^{14}C) приводятся в % от эталона NBS, принятого за 100%. Величины mrt и ^{14}C находятся в обратной, но не в линейной зависимости. Каждый из показателей имеет свои области применения. Единственный источник ^{14}C в гумусе - космогенный ^{14}C атмосферы, попадающий в гумус при гумификации свежих органических остатков. Концентрации ^{14}C в 1 г углерода фитомассы и в 1 г углерода CO_2 атмосферы примерно равны. Мерой поглощения ^{14}C гуминовыми кислотами из атмосферы (из фитомассы) может служить коэффициент «К»= $^{14}\text{C}_{\text{гк}}:^{14}\text{C}_{\text{атм}}$ (формула 1). Черноземы центральной (Чцо) и южной почвенных областей (Чюо) Восточно-Европейской равнины отличаются друг от друга по средним величинам mrt , ^{14}C и «К». Для континентальных условий Чцо они соответственно равны 1350 лет, 85% и 0,858. У предкавказских черноземов (Чюо) вследствие большего периода биологической активности и большей скорости обновления углерода в гумусе радиоуглеродные параметры составляют 400 лет, 94%, 0,914. Величины поглощения ^{14}C гумусом из атмосферы («К») для крупных почвенно-климатических регионов и типов почв можно считать устойчивыми во времени. Концентрация ^{14}C в атмосфере колебательно изменялась во времени.[1] Для последних 1600 лет её средние значения составили 99,07 %, за период 5,0-6,6 т.л. назад – 108 %. Вместе с изменениями концентраций ^{14}C в атмосфере изменялись и радиоуглеродные параметры гумуса почв. Исходя из вышесказанного можно оценить концентрацию $^{14}\text{C}_{\text{гк}}$ в черноземах (в слое 0-20 см) для любого момента времени за последние 7-8 т.л. по формуле: $^{14}\text{C}_{\text{гк}}=^{14}\text{C}_{\text{атм}}$ (среднее за 1600 предшествующих лет) * «К» (формула2). После погребения почв наносом условия функционирования гумуса существенно изменяются. В почвы перестает поступать свежее органическое вещество (СОВ), минерализация гумуса в почве не компенсируется гумификацией СОВ, обновление углерода в гумусе прекращается, содержание гумуса в погребенных почвах начинает уменьшаться. [2,3,4] В среднем за 300 лет нахождения черноземов в погребенном состоянии верхний слой (0-20 см) теряет примерно 30% гумуса от исходного содержания в целинной почве, за 1700 лет–50%, через 5000 л – остается 37%, через 17 т.л. - 20% и через 100 тыс. лет – около 6,5% гумуса от содержания в целинной почве (или в среднем 0,3-0,4% от массы суглинисто-глинистой почвы). В период от 100 т.л. до 1 млн. лет (а возможно и более длительное время) общего тренда уменьшения содержания Сорг в погребенных почвах (становящихся уже ископаемыми) не наблюдается. Среднее содержание Сорг в черноземах, погребенных в лессах, в % от почвы (по 50 образцам) равно 0,3%, а колебания для 50% проб (Q_2 – Q_3) составляют 0,08-0,69%. Средняя величина отношения $\text{C}_{\text{гк}}:\text{C}_{\text{фк}}$ в гумусе погребенных почв почти не изменяется (остается в пределах 1,51-1,95), что свидетельствует о сохранении общей структуры гумуса в погребенных почвах [3].

Анализ опыта датирования. Определение времени создания археологических объектов и длительности их функционирования по назначению, длительности времени погребения почв с использованием данных о концентрации $^{14}\text{C}_{\text{гк}}$ в погребенных почвах - актуальные задачи археологии и почвоведения [5-8]. Однако попытки их решения для интервала времени последних 8 тысяч лет не были удачными [5]. Причиной этого справедливо считалось участие ^{14}C в почвенных процессах. Рассмотрим подробнее этот вопрос. Сопоставим величины mrt гк погребенных почв с известным временем сооружения археологических памятников и временем погребения почв (далее Ти), определенным по археологической хронологии или по ^{14}C в древесине, угле или кости. Для такого сопоставления привлечены 15 пар объектов «современные почвы – погребенные почвы (далее ПП)» с «известным» временем погребения 60, 360, 2000 и 3300 – 5200 лет. 8 объектов изучены автором (^{14}C анализы выполнены в ИГ РАН Э.П. Зазовской), данные по семи объектам заимствованы из [4-8] и любезно предоставлены В.А. Демкиным и О.С. Хохловой. Почвы с длительностью погребения 60 и 360 лет важны для понимания процессов, но не пригодны для датирования. У 4 объектов гумусовые горизонты оказались явно нарушенными. Всего для рассмотрения были принято 9 объектов с ПП: 2 – из южной области (объект Возрождение-1) и 7 – из центральной и других областей (объекты Перегрузное, Голубая Криница, Хотин, Филипповка, Стрелецкая степь, В.Хава). Сопоставление показало, что значения mrt гк ПП всегда больше Ти на 200 – 2200 лет, т.е. потери ^{14}C гк в ПП всегда больше потерь от радиоактивного распада. Причинами

различий между mrt ГК ПП и Ти являются: а) неодинаковые исходные концентрации ^{14}C в различных погребенных почвах (и в атмосфере времени на момент погребения), которые обычно не принимаются во внимание; б) потери ^{14}C в погребенных почвах, обусловленные не только радиоактивным распадом, но и минерализацией вместе с гумусом; в) различия почв по фракционному составу гумуса, различная скорость минерализации фракций гумуса и неодинаковые концентрации ^{14}C в них [2,4]. Наибольшие различия между mrt ГК ПП и Ти наблюдаются для почв, погребенных 60 и 360 лет. У этих почв при погребении происходит изменение качественного состава гумуса, биоминерализуются лабильные фракции гумуса ГК-1, ГК-2, ФК и часть фракции Н.О. (детрит) [3] с более высокими концентрациями ^{14}C (до 96 % от NBS) и соответственно с более молодым возрастом (до 400 лет). В дальнейшем примерно через 1000 -2000 лет после погребения состав гумуса ПП постепенно стабилизируется и ведущая роль в потерях ^{14}C гумуса у ПП переходит к радиоактивному распаду. Относительные доли потерь ^{14}C за время погребения (для оценки длительности погребения по закону радиоактивного распада) правильнее определять не от величины эталона NBS (100%, концентрация ^{14}C , близкая к таковой в современной атмосфере), а от конкретных концентраций ^{14}C в ГК до погребения (для слоя 0-20 см), определяемых по формуле (2) и принимаемых за 100%. Соответственно конкретная концентрация ^{14}C в погребенной почве (в % от NBS) должна быть оценена в долях (в %) от исходного содержания ^{14}C в ней до погребения. Это повышает точность датирования. Кроме того, в формуле (2) присутствует реальная концентрация ^{14}C в атмосфере на момент погребения, т.е. элемент калибровки возраста [1]. Расчет длительности погребения почв по mrt ГК ПП, выполненный нами с использованием приведенных соображений, показал что «исправленные» значения mrt ГК ПП отличаются от известного возраста (Ти) в 8 случаях на ± 100 лет и в одном случае на -400 лет. Это свидетельствует о правильности избранного подхода. Как же использовать высказанные соображения при датировании реальных археологических объектов и погребенных почв?.

Формула определения возраста археологических объектов и времени погребения почв по mrt

ГК ПП. Анализ величин отклонений между этим показателем и Ти показал, что при использовании формулы (3): $Tu = mrt \text{ ГК ПП} - 250(\text{лет})$ величина $T_{пп}$ (время погребения) при возрасте объектов от 2-х (возможно от 1) до 5,3-х (возможно до 6-7) тысяч лет для семи объектов из девяти определяется с точностью $\pm 150 \text{ лет}$ и для двух объектов с точностью $+250 \text{ лет}$. Таковы возможности определения возраста археологических объектов при учете влияния почвенных процессов на поведение ^{14}C . При проведении дальнейших методических исследований точность датирования может быть увеличена. Автор глубоко благодарен всем исследователям коллегам, упомянутым в списке литературы, а также Ю.Г. Чендеву, Э.П. Зазовской и Л.С. Песочиной за оказанную помощь: участие в обсуждении или в полевых работах, выполнение анализов и предоставление данных. Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 08-04-00976а.

Литература

1. Дергачев В.А. и др. Изменение природных процессов и радиоуглеродная хронология археологических памятников. // Археология и радиоуглерод. Вып. 1 / Археологические изыскания. Вып. №37. Санкт-Петербург, 1996. С.7-17.
2. Глазовская М.А. Педолитогенез и континентальные циклы углерода. М.: «Либроком», 2009. 336 с.
3. Иванов И.В., Когут Б.М., Маркина Л.Г. Сравнительная характеристика гумуса целинных, пахотных и погребенных черноземов / Закономерности изменения почв при антропогенных воздействиях... Мат. Всерос. научн. конф. М.: 2011.
4. Иванов И.В., Хохлова О.С., Чичагова О.А. Природный радиоуглерод и особенности гумуса современных и погребенных черноземов // Изв. РАН, сер. геогр., 2009, №6. С.46-58.
5. Александровский А.Л., Чичагова О.А. Радиоуглеродный возраст палеопочв голоцена в лесостепи Восточной Европы // Почвоведение, 1998, №12. С.1414-1422.
6. Хохлова О.С. и др. Радиоуглеродное датирование различных материалов из курганов ранних кочевников южного Урала / Изв. РАН, сер. геогр., 2010, №3. С.82-94.
7. Чичагова О.А. Радиоуглеродное датирование гумуса почв. М.: Наука, 1985. 158 с.
8. Черкинский А.Е.. Радиоуглеродный метод в изучении трансформации гуминовых кислот // Почвоведение. 1992. №1. С. 162-166.

УДК 631.416.8(282.256.84)

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ БАССЕЙНА РЕКИ АЛАЗЕЯ

А.З. Иванова

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск, e-mail: madalexia@mail.ru

Научные исследования по изучению микроэлементного состава почв бассейна реки Алазея позволили получить новые данные о содержании в них валовых форм тяжелых металлов (Li, B, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Zr, Mo, Cd, Hg, Pb). Река Алазея берет свое начало на северных склонах Алазейского плоскогорья, а в районе среднего и нижнего течения реки долина занимает западную часть Колымской низменности. В геотектоническом плане данный регион в целом представляет собой наложенную кайнозойскую впадину. Породы этого комплекса представлены в основном песчаниками, алевролитами, аргиллитами и имеют пермско-юрский возраст [1]. Бассейн реки расположен в подзоне северной тайги (до 69° с.ш.) и зоне тундр (между 69° с.ш. и 71° с.ш.). По почвенно-географическому районированию СССР исследуемая территория относится к Индигиро-Колымской провинции очень холодных мерзлотных почв подзоны глее-мерзлотно-таежных почв северной тайги Восточно-Сибирской мерзлотно-таежной области бореального пояса. По классификации

почв России (2004) почвы, формирующиеся в данном районе, входят в ствол постлитогенных почв в отделы криотурбированных (выделяются подтипы: криоземы типичные, грубогумусные, перегнойные, торфяно-криоземы) и глеевых почв (выделяются подтипы: глееземы типичные, грубогумусные, криотурбированные), и в ствол органогенных почв в отдел торфяных почв. Почвы данного региона преимущественно кислые, поэтому содержание тяжелых металлов в них меньше, чем в нейтральных или щелочных почвах. Необходимо также учесть, что замедленные процессы разложения органического вещества в северных почвах способствует слабой аккумуляции элементов [2]. По биогеохимическому районированию почвы мерзлотной тундровой зоны характеризуются недостатком Mo, B, оптимумом Mn, Zn, Cu и избытком Co, а почвы северотаежной подзоны – недостатком Cu, оптимумом Mo, Co, Zn, B, избытком Mn [3]. Но в районе бассейна реки Алазея микроэлементный состав беден, в среднем - ни по одному элементу, кроме мышьяка, не зафиксировано превышений предельно допустимых концентраций (ПДК) (Табл. I), лишь в отдельных случаях отмечались незначительные превышения по литию и цинку. Высокая концентрация мышьяка фиксировалась во всех опробованных точках, что говорит, скорее всего, не о загрязнении, а о повышенном фоновом содержании.

Таблица 1

Характеристика микроэлементного состава зональных типов почв бассейна р. Алазея

Микроэлементы	ПДК (вал. форма)/ *-кларк	Северотаежные почвы (криоземы)		Тундровые почвы (глееземы)	
		Органогенный слой	Минеральный слой	Органогенный слой	Минеральный слой
		Содержание микроэлемента, мг/кг			
Li (литий)	32*	14.0	28.3	11.7	25.5
B (бор)	12*	5.2	3.2	3.1	7.4
Ti (титан)	4500*	1107.6	2168.6	1042.3	2246.4
V (ванадий)	150	32.5	53.8	30.9	53.4
Cr (хром)	100	20.0	43.5	19.8	31.7
Mn (марганец)	1500	218.2	313.2	317.2	154.9
Co (кобальт)	50	5.0	7.1	5.5	4.5
Ni (никель)	85	12.7	15.9	10.1	12.1
Cu (медь)	55	13.6	14.6	7.8	9.6
Zn (цинк)	100	69.1	92.3	47.6	66.5
As (мышьяк)	2	5.1	7.7	4.1	5.2
Sr (стронций)	340*	66.5	120.4	64.8	114.0
Zr (цирконий)	170*	25.8	54.5	25.4	52.1
Mo (молибден)	5	1.1	0.3	0.4	0.1
Cd (кадмий)	2	0.3	0.007	0.1	0.01
Hg (ртуть)	2.1	< 0.001	0.008	< 0.001	< 0.001
Pb (свинец)	30	6.0	11.1	3.9	8.1

Примечание. Значения ПДК даны в соответствии с нормативными документами [4,5]. В качестве кларков указаны содержания элементов в земной коре, вычисленные А. П. Виноградовым (1962).

Четких различий по общему микроэлементному составу между криоземами и глееземами нет, наблюдается лишь незначительное снижение почти всех показателей при движении с юга на север. Содержания и профильные распределения Li, B, Ti, V, Cr, Co, Ni, Zn, Sr, Zr, Pb в таежных и тундровых почвах схожи – средние значения очень близки друг к другу, а максимумы накопления находятся в минеральном горизонте. Для молибдена и кадмия характерно накопление в органогенном горизонте, что связано с высоким содержанием данных элементов в растительных остатках. Марганец также обычно накапливается в верхней части профиля, но в криоземах наблюдается обратное распределение, вызванное интенсивной миграцией марганца в нижележащие слои из-за кислой реакции среды и сезонными подтоплениями в районе среднего течения реки.

В целом, исследуемые почвы характеризуются повышенным содержанием лития, цинка и мышьяка, средние значения имеют кадмий, молибден, титан, ванадий, а по остальным элементам наблюдается острая недостаточность.

Литература

1. Континентальные третичные толщи Северо-Восточной Азии. Новосибирск: Наука. 1979.
2. Ландшафтно-геохимические особенности формирования микроэлементозов в среднетаежной зоне Якутии/Саввинов Г.Н., Легостаева Я.Б., Маркова С.В. и др. М.: ООО «Недра-Бизнес-центр», 2006. 319 с.
3. Макеев О.В. Микроэлементы в почвах Сибири и Дальнего Востока. М.: Наука.1973. 149 с.
4. Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами (утв. Роскомземом 10.XI.1993 г. и Минприроды РФ 18.XI.1993 г.).
5. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве.

ГЕОХИМИЯ ПЕДОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РЯДОВ НА ЛЕССОВИДНЫХ СУГЛИНКАХ БЕЛАРУСИ

Н.Н. Ивахненко, Т.А. Романова

Институт почвоведения и агрохимии, Минск, e-mail: brissagro@biz.by

В 80-х годах прошлого века для изучения динамики влажности, содержания доступных растениям элементов-биофилов и химического состава почв, развивающихся на покровных (лессовидных) суглинках Центральной Белоруссии, в 30 км южнее города Минска было исследовано 6 почвенных разрезов с полными аналитическими характеристиками [1]. Собранные материалы, кроме наблюдений за динамикой, позволили дать ответ на вопрос общего геохимического перераспределения химических веществ в ландшафте волнистых равнин территорий с умеренным гумидным климатом. Постановка этого вопроса первоначально была связана с поиском доказательства преобладания латерального движения влаги над ее вертикальной фильтрацией, определяющей генезис исследуемых почв, а также для уточнения баланса питательных веществ, вносимых с минеральными удобрениями. Применение метода сопряженного анализа полученных данных [2,3] выявило достаточно ясную картину геохимической обстановки изучаемой территории, тенденции перемещения элементов, места их выноса и аккумуляции, что может быть полезным и для представления о ходе ландшафтно-геохимических процессов конкретной геосистемы.

Методика исследований базировалась на используемых в расчетах результатах анализов валового химического состава образцов по генетическим горизонтам профилей почв. При выборе объектов применен катенарный подход, согласно которому почвенные разрезы образуют катену – педоэкологический ряд от наименее к наиболее увлажненным почвам, формирующимся на однородных почвообразующих породах. Катена представляет собой по масштабу среднее звено структуры ландшафта, промежуточное между элементарной ячейкой биосферы – биогеоценозом и таким крупным выделом, как ландшафт. Это самая распространенная форма организации сухопутного ландшафта, которой свойственно закономерное и сопряженное изменение условий увлажнения. Пространственное перераспределение влаги, обусловленное рельефом, приводит к формированию различных почв, и отражается в их признаках и свойствах. Разнообразие почв на участке наблюдений отражают два генетически сопряженных ряда. Первый ряд – от вершины по длинному пологому склону крупного холма к неглубокой (незоторфованной) сточной ложбине с минеральными дерновыми заболоченными («глейсоли» -ДБ) почвами. В верхней части склона увлажнение почв атмосферное автохтонное, в – средней аллохтонно-автохтонное, и в нижней – аллохтонное. Эти катены нами условно названы «открытыми» или «длинными». Второй ряд почв, начинаясь также на вершинах и в верхних частях пологих или покатых склонов, имеет направление в сторону бессточных западин, он, как правило, значительно короче и на всем его протяжении преобладает автохтонное атмосферное увлажнение, такие катены должны быть отнесены к «закрытым» или «коротким». Распределение почв в ландшафте позволяет достаточно объективно судить об условиях увлажнения, складывающихся у дневной поверхности и на небольшой глубине в толще покровных суглинков. В верхней части катены почвы, по принятой в Беларуси классификации, автоморфные, отнесенные к типу дерново-палево-подзолистых (ДП), что в системе WRB наиболее соответствует представлению о «лювисолях». Они формируются в условиях автохтонного увлажнения без резкой смены периодов иссушения и насыщения влагой, и при почти полном отсутствии анаэробнозиса в гумусовом и подгумусовом горизонтах, хотя на контакте с горизонтом аккумуляции глины (Vt) периодически в слое мощностью около 10 см, образуется застой влаги, морфологически проявляющийся в виде осветления, которое может быть объяснено как оглеение в начале формирования бокового внутрипочвенного стока в весенний период. Ниже по склону как в длинной, так и в короткой катене, почвы дерново-подзолистые заболоченные или «альбесоли» (WRB). Они развиваются там, где поверхностный и боковой внутрипочвенный сток на границе с горизонтом аккумуляции глины создает условия для эпизодического (временно-избыточно увлажненные или слабogleеватые – ДПБ1) и периодического (глееватые – ДПБ2 и глеевые–ДПБ3) застоя влаги. Аналитические данные и натурные наблюдения за влажностью почв показали, что ни в одной из трех почв не имеет места инфильтрация влаги до глубины, превышающей 1,0 м [1]. В нижней части «закрытой» катены, в блюдцеобразной западине, количество влаги, поступающей с поверхностным и боковым почвенным стоком столь велико, что давление ее приводит к формированию нисходящего фронтального движения – промывного водного режима. Соответственно почвы в западине иловато-глеевые (ИЛБ) в центре и окаймляющие их дерново-подзолистые глеевые с иллювиально-гумусовым горизонтом («подзолы» – ДПБЗ^{ил-г}). В иловато-глеевых почвах на лессовидных суглинках такой режим осуществляется в течение преобладающей части вегетационного периода. В дерново-подзолистых глеевых с иллювиально-гумусовым горизонтом, а в отдельные месяцы и в дерново-подзолистых глееватых почвах, также имеются элементы промывного режима. В местах распространения этих, прежде всего, иловато-глеевых почв, происходит проникновение поверхностной влаги до грунтовых вод – питание последних. В длинной (открытой) катене у подножия склона создается ситуация, когда поверхностный и внутрипочвенный сток влаги сливаются в единый аллохтонный поток, который иногда смыкается с капиллярной каймой над грунтовыми водами.

Описанные катены отражают практически все разнообразие почв, формирующихся на лессовидных суглинках в западной части Нечерноземной зоны, за исключением торфяно-болотных и пойменных. Характеристики условий формирования почв подтверждаются коэффициентами геохимического перераспределения элементов почвообразования.

Ландшафтно-геохимическое перераспределение элементов в почвах на лессовидных суглинках, слой 0–100 см, [1]

Элементы	Содержание в ДП почве, т/га	Почвы					
		ДП	ДПБ1	ДПБ2	ДПБ3 ^{ил-г}	ИЛБ	ДБ3
Si	10034,1	1,0	1,07	1,13	1,00	1,05	0,81
Fe	281,5	1,0	1,09	1,20	0,74	1,13	1,12
Al	1046,6	1,0	1,23	1,34	0,90	0,93	0,79
Ca	101,8	1,0	1,18	1,47	0,74	0,75	3,21
Mg	77,2	1,0	1,07	1,68	0,68	0,64	1,80
P	14,4	1,0	1,07	1,12	0,79	1,04	1,79
K	332,8	1,0	1,06	1,16	0,97	0,99	0,77

Примечание: почвы, обозначены индексами, приведенными в тексте

В таблице приведены данные, относящиеся к почвенным профилям обеих катен: короткой, или закрытой, характеризующейся последовательной сменой почв от автоморфной (ДП–дерново-палево-подзолистая) к полугидроморфным – дерново-подзолистым заболоченным (ДПБ1– слабо-глееватая, ДПБ2– глееватая, ДПБ3^{ил-г}–дерново-подзолистая глеевая с иллювиально-гумусовым горизонтом) и заканчивается гидроморфной – иловато-глеевой почвой (ИЛБ). Длинная catena представлена той же последовательностью почв от автоморфной к полугидроморфным, но замыкается она дерновой глеевой - ДБ3. Запасы Si, Al, Fe и других элементов в метровом слое дерново-палево-подзолистой почвы в тоннах на гектар приняты за 1,0 (таблица). Содержание этих же элементов в других почвах дано в виде отношения запасов каждого элемента к его запасам в дерново-палево-подзолистой почве. Данные свидетельствуют, что в дерново-подзолисто-глеевой с иллювиально-гумусовым горизонтом почве особенно проявляется ее элювиальный характер – все коэффициенты, кроме Si, меньше 1. Аналогичную картину представляет и иловато-глеевая почва, хотя здесь отдельные показатели свидетельствуют о некотором дополнительном поступлении и накоплении фосфора, железа, кремния. Выделяется в таблице дерновая глеевая почва, в которой содержание кальция в 3 раза, а магния и фосфора почти в 2 раза больше, чем в автоморфной. Геохимические коэффициенты указывают, что в дерново-подзолистых слабоглееватой и глееватой почвах имеет место накопление перечисленных элементов. Особенно это примечательно в отношении дерново-подзолистой глееватой почвы, где, несмотря на допущение участия подзолообразовательного процесса и промывного водного режима, баланс всех элементов оказывается положительным.

Выявленная в ходе исследований определяющая роль влаги в формировании всех почв, развитых на лессовидных суглинках, обеспечивает возможность дать полную характеристику их мелиоративных особенностей. Позволяет утверждать, что в почвах, развитых на лессовидных суглинках, преобладает поверхностное перераспределение влаги и отсутствие (за малым исключением – иллювиально-гумусовая почва) промывного водного режима, обуславливающее также перераспределение минеральных удобрений поверхностным стоком, что следует учитывать при расчетах баланса элементов питания в агрохимии.

Литература

1. Ивахненко Н.Н. Мелиоративные особенности почв, развитых на лессовидных суглинках центральной Белоруссии: дис. ... канд.с.-х. наук: 06.01.03 / Н.Н. Ивахненко . - Минск, 1988.
2. Польшов Б.Б. Геохимические ландшафты // Польшов Б.Б. Избр. труды. М.: Изд-во АН СССР, 1956 д. С 487- 493.
3. Глазовская М.А., Кречетов П.П., Черницова О.В. Закономерности накопления и возобновления запасов элементов-органогенов в дерново-подзолистых почвах хвойно-широколиственных лесов // Почвоведение. 2004. № 12. С.1430-1439.

УДК 911.52.550.4 (571.1)

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В БОЛОТНЫХ ЛАНДШАФТАХ СИБИРИ

Л.И. Инешева, О.Н. Смирнов, М.А. Вершинин

ТГПУ, Томск, e-mail: inisheva@mail

По данным государственного земельного учёта земельный фонд России оценён в 1709,8 млн. га, из них болотами занято 140,8 млн. га, что составляет более 8% территории страны. Сибирский экономический район, располагаясь на территории трех природно-географических зон (лесостепной, лесной и тундровой), представляет собой один из крупнейших торфяных регионов мира. В его состав входят: Алтайский край, Кемеровская, Новосибирская, Тюменская, Омская и Томская области, Красноярский и Алтайский края и республика Бурятия. Средняя заторфованность региона составляет 13%. В северной части заболоченность достигает 80%. В Западной Сибири площадь торфяных болот составляет 42% от их площади по всей территории России. Болота Сибири содержат более 1000 км³ запасов воды уникального «болотного» состава, определяющих химический состав рек, берущих начало с болот. Учитывая, что торфяные болота в ходе длительного саморазвития активно распространяются (процесс торфообразования в Западной Сибири захватывает ежегодно около 92 км² территории), то изучение процесса торфогенеза в торфяных болотах, а также

его влияния на состав болотных вод, которые являются связующим звеном геологического и биологического круговоротов, является актуальной задачей.

Исследования болотных вод проводились в южно-таежной подзоне Западной Сибири [1].

Эвтрофная болотная экосистема (БЭС) Таган находится в северобарабинском болотном округе подтаежных эвтрофных осоково-гипновых болот в сочетании с сосново – кустарничково – сфагновыми. Болото занимает древнюю ложбину стока. Мощность торфяной залежи 3 м, возраст отложений 3445 ± 50 лет. Подстилающие породы представлены легкими и тяжелыми пылеватыми суглинками, тяжелыми супесями.

Олиготрофная болотная экосистема расположена в васюганском болотном округе южнотаежных олиготрофных грядово-мочажинных и сосново-кустарничково-сфагновых болот. Торфяная залежь достигает 3 м, возраст - 5200 ± 150 лет, подстилается плотными водонепроницаемыми глинами Ширтинского и Тазовского объединенных горизонтов, в основании которых залегают илестые темно-серые гумусированные глины, иногда содержащие раковины пресноводных моллюсков.

В Горном Алтае впервые были проведены исследования на эвтрофных БЭС, возраст 7060 ± 150 лет (Турочакское, Чойское, Баланах) и мезоолиготрофной - Кутюшской БЭС. В настоящее время процесс болотообразования в Горном Алтае происходит путем зарастания стариц и долинных озер, а также заболачивания суши, лесов и лугов.

В отобранных образцах торфов были определены: ботанический состав и степень разложения (ГОСТ 28545-89), зольность (ГОСТ 11305-83), обменная кислотность (ГОСТ 11623-89). В торфах (сюда вошли и другие объекты) изучено содержание 18 химических элементов. В процессе анализа полученных результатов были исключены элементы, содержание которых не обнаружено в исследуемых пробах или оказались за пределами чувствительности метода. Содержание химических элементов в торфах определено на спектрометрической установке фирмы «CANDTRRA», датирование выполнено на радиоуглеродной установке QUANTULUS-1220. Болотную воду на анализ отбирали в колодцах каждого пункта исследований на болотных стационарах.

Содержание элементов изменяется в торфах в широких пределах, что характеризует большую их изменчивость по территории (Табл. 1).

Таблица 1

Содержание элементов в торфах Западной Сибири, мг/кг с.т.

Элементы	M±md		Элементы	M±md	
	Верховые	Низинные		Верховые	Низинные
Ca	2618±300	15300±1200	Hf	0,13±0,007	0,17±0,02
Sc	0,57±0,03	0,99±0,09	La	0,64±0,05	1,52±0,11
Cr	1,55±0,18	4,40±0,52	Ce	2,79±0,18	3,29±0,32
Fe	2300±400	22400±600	Sm	0,15±0,02	0,42±0,03
Co	1,02±0,17	4,64±0,21	Eu	0,07±0,01	0,10±0,01
Br	9,00±0,83	34,00±1,30	Yb	0,030±0,001	0,06±0,02
Sr	60,00±6,00	250,00±14,00	Lu	0,001±0,00	0,01±0,002
Cs	0,16±0,02	0,17±0,05	Th	0,30±0,17	0,49±0,04
Ba	75,00±5,00	121,00±11,00	U	0,07±0,01	1,10±0,20

Примечание: - M - среднее значение, ±md – ошибка среднего, с.т.-сухой торф.

В верховых торфах наименьшие коэффициенты вариации характеризуются величинами от 40 % и выше. Самые низкие коэффициенты вариации характерны для Sc, Ba, Hf, La, Ce, Eu, Th; самые высокие (превышающие 100 %) – для Fe, Co, Sm, Yb и U. Верховые торфа по способности накапливать химические элементы можно построить в следующий ряд: пушицево-сфагновый > сфагново-мочажинный > комплексный > фускум. Вместе с тем сравнение полученных результатов по верховым торфам с их европейскими аналогами свидетельствует о более высоком содержании в них Ca, Fe (в среднем 2 раза), Ba, Sr (в среднем 4 и 3,5 раза соответственно). По сравнению с генеральными средними, рассчитанными В.В. Ивановым [2] для торфов России, исследуемые торфа характеризуются низким содержанием Co (в 6,7 раз), но более высоким - Sr (почти в 4 раза).

Состав торфов болот низинного типа формируется под воздействием эоловых и латеральных процессов. Содержание элементов в торфах низинного типа, как и в верховых, характеризуется большой амплитудой варьирования, обусловленной многообразием состава растений-торфообразователей. Особенно это отмечается для элементов Cs, Hf, Yb, Lu и U, коэффициент вариации которых выше 100 % (Табл. 1.). Низинные торфа по способности накапливать химические элементы можно построить в следующий ряд: древесный, древесно-осоковый, осоково-гипновый, осоковый.

Сравнение элементного состава западносибирских торфов с аналогами на ЕТР показывает, что первые характеризуются региональными особенностями, которые заключаются в следующем: верховые и низинные торфа обогащены Sc, Cr, Sr, Ba, La, B, Mn, Cu; а низинные, кроме вышеперечисленных, еще и Zn, Mo, Pb.

Элементный состав торфов и протекающие в торфяной залежи процессы торфогенеза оказывают влияние на формирование состава болотных вод. Характеристику элементного состава болотных вод рассмотрим на примере конкретных болотных экосистем (Табл. 2). Болотные экосистемы являются геохимическими

барьерами, которые благодаря своей высокой сорбционной способности закрепляют большой спектр загрязняющих веществ из атмосферы, выводя их из круговорота.

Но с другой стороны, сложный химический состав самих торфов в торфяной залежи БЭС, их микробиологическая активность формируют собственный элементный состав болотных вод. Так, в условиях топяно-лесной залежи БЭС Таган естественный дренаж (уровни грунтовых вод опускаются до 87 см) осуществляется в ощутимых размерах. Надо полагать, это явилось причиной того, что практически все элементы в болотной воде находятся здесь в повышенных концентрациях по сравнению с другими залежами. И только концентрация Th в топяно-лесной залежи в 20 раз превышает концентрацию Th в аналогичной залежи, но с более восстановительными условиями торфогенеза. В болотных водах залежей Горного Алтая концентрация элементов существенно выше. Это объясняется геологическими условиями данной территории.

Болотные воды обогащены органическим веществом гумусовой природы. Согласно А.И. Перельману [3], болотные воды по окислительно-восстановительным условиям представляют собой неравновесную систему, для которой характерны ассоциации окислителей (O_2 , Fe^{3+}) и восстановителей (растворенные гумусовые кислоты и Fe^{2+}). Из гумусовых соединений наиболее растворимы фульвокислоты. Как считает Г.М. Варшал [2], главной миграционной формой многих элементов в речных водах являются прочные растворимые высокомолекулярные фульватные комплексы анионного типа.

Таблица 2

Характеристика элементов в болотной воде и снеге, мкг/л*10⁻⁸

Место отбора	Томский район, БЭС «Таган»					Турочакский район, Республика Алтай,			
	топяно-лесная, п.1		топяно-лесная, п.2		лесо-топяная,	лесо-топяная, (1)	лесо-топяная, (2)	лесо-топяная (3)	топяная (4)
Элемент	вода	снег	вода	снег	вода	вода			
Sm	1,2	0,6	1,8	3,5	$\frac{0,5-1,4}{0,9}$	63,9	2,2	4,4	15,5
U	41,1		-	2,3	2,6	3,8	0,3	0,6	0,9
Au	$\frac{0,1-0,6}{0,2}$	0,1	$\frac{0,1-0,6}{0,3}$	0,1	$\frac{0,03-0,2}{0,08}$	0,2	0,8	0,2	0,9
Th	$\frac{0,3-46,7}{16,4}$	0,3	$\frac{0,2-2,1}{1,2}$	0,6	$\frac{0,6-1,4}{0,9}$	62,1	15,3	11,8	22,6
Hf	1,0	0,5	$\frac{0,8-3,0}{1,3}$	0,7	$\frac{0,6-2,6}{1,7}$	28,8	7,5	3,6	-
Cs	2	0,9	$\frac{6,4-7,4}{4,6}$	0,9	$\frac{1,4-1,5}{1,0}$	103,7	21,6	14,6	89,4
Sc	$\frac{0,2-0,6}{0,32}$	0,2	$\frac{0,2-2,1}{0,8}$	0,3	$\frac{0,2-1,5}{0,8}$	188,2	33,0	13,6	24,0
Rb	$\frac{299,9-645,0}{441,4}$	19,9	$\frac{432,7-649,2}{540,9}$	27,9	$\frac{73,3-258,9}{157,4}$	2188,7	480,0	660,0	2588,9
Eu	0,6	0,1	0,5	0,3	$\frac{0,3-0,9}{0,7}$	13,8	4,8	5,2	5,2
La	10,0	0,3	9,4	1,3	$\frac{2,6-7,8}{4,6}$	245,8	39,0	30,0	65,9
Tb	-	-	-	0,1	$\frac{0,1-0,2}{0,2}$	11,5	0,9	1,6	2,8
Ce	$\frac{28,2-79,2}{46,8}$	10,5	$\frac{32,5-115,3}{62,1}$	23,6	$\frac{36,7-129,5}{78,7}$	449,3	243,0	142,0	282,4

Примечание: (1)–Турочакское, (2)–Чойское, (3)–Баланак, (4)–Кутюшское, «-»–элемент отсутствует

Комплексообразованием с природными лигандами объясняется механизм самых разнообразных процессов, происходящих в системе: торфяная залежь-болотные воды-болотные реки-водоприемники.

Таким образом, высокая заболоченность и активность проявления торфообразовательного процесса оказывают влияние на формирование состава речных вод на территории. Изучение содержания элементов в болотных экосистемах, разных по генезису торфяных залежей и в разных регионах позволяет составить прогноз геохимической ситуации на данной территории.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ (12-05-00149, 12-05-00291, 12-0500094).

Литература

1. Инишева Л.И., Голубина О.А. и др. Болотные стационары Томского государственного педагогического университета. Томск: ТГПУ, 2010. 148 с. Монография.
2. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов. Главные d-элементы: Справочник: В 6 кн. – М.: Недра, – 1995. – Кн. 4 – 416 с.
3. Перельман А.И. Геохимия, 2-е изд. т.5. М.: В.Ш., 1989. 572 с.
4. Варшал Г.М., Велюханова Т.К., Кощеева И.Я. // Гуминовые вещества в биосфере. М.: Наука, 1993. С. 97.

УДК 633.511:631.587

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛУГОВЫХ САЗОВЫХ АРЗЫКОВЫХ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ФЕРГАНЫ И ИХ ИЗМЕНЕНИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ОРОШЕНИЯ

В.Ю. Исаков, У.Б. Мирзаев

Ферганский государственный университет, Фергана, e-mail: udh1512@rambler.ru

Центральная низменно-равнинная часть Ферганской долины в почвенно-геохимическом отношении выделена как самобытная провинция окарбоначенно-загипсованных почв. Площадь окарбоначенно-загипсованных или арзыковых почв, как их еще называют, здесь превышает 150 тыс. га. Практически вся эта площадь в 60-70 годы прошлого столетия и позже была вовлечена в контур орошения. Однако арзыковые почвы в силу специфического строения почвенного профиля, своеобразия химического состава, водно-физических свойств и мелиоративными особенностями оказались трудноосваиваемыми, тяжеломелиорируемыми. Они являются низкоплодородными и отличаются особыми режимами элементов питания.

Арзыковым почвам свойственен четко разграниченный геохимический профиль: верхний перегнойный или собственно почвенный, средний арзыковый и нижний шоховый. Надарзыковый слой в мелко- и глубокоарзыковых почвах представлен мелкоземистой почвенной массой с небольшим содержанием гипса (меньше 10-15%), а в поверхностно арзыковых почвах – гипсоносным горизонтом, где гипс (более 20-30%) смешан с почвенной массой. Гипс в пахотных горизонтах тонкий, окрашен в землистые тона. Арзыковый слой имеет мощность от 20-30 см до 2-3 м и состоит из 2-3 и более прослоев. Выделения арзыка в верхней части слоя мелкие и рыхлые, с глубиной укрупняются, уплотняются и цементируются. Арзыковым прослоям характерно рыхлое, плотное, фрагментарно - и монолитно сцементированные сложения. Нижний шоховый слой состоит из сильноокарбоначенных прослоев. Он также сильно уплотнен, часто цементирован.

Арзыковым почвам характерно слоистое сложение почвенно-грунтовой толщи. Облегченный механический состав верхних горизонтов с глубиной утяжеляется. Гипсоносные и арзыковые слои имеют преимущественно лёгкий и средний суглинистый состав. Они скелетные, что представлено кристалликами гипса и агрегатами арзыка. Шоховые горизонты чаще всего состоят из тяжёлых суглинков и глин.

Водно-физические свойства арзыковых горизонтов зависят от формы их сложения. Так, объемная масса при мелких формах арзыка равна 1,31-1,41 г/см³, порозность 42-47%, при крупных и плотных формах 1,7 г/см³ и 31 %, соответственно. При сильной цементации горизонта объемная масса увеличивается до 1,91-2,07 г/см³, а порозность снижается до 23-25%. Полевая влагоёмкость пахотного суглинистого горизонта равна 21-25%, в верхней части арзыкового слоя 19-22% и в нижней 22-28% от веса почвы. Повышенные значения полевой влагоёмкости связаны с капиллярно-подпёртой влагой.

Химические и минералогические составы арзыковых почв своеобразны. Арзыковый слой содержат 31-40% СаО, 1,5-5% MgO, 9-16% CO₂, 9-53% SO₄, 0,3-1,0% Fe₂O₃, 0,4-0,2% SiO₂, а шоховый 17-32% СаО, 3-12% MgO, 13-19% CO₂, 0,2-5% SO₄, 0,4-1,0% Fe₂O₃, 0,3-1% SiO₂. Арзыковые горизонты, в основном, состоят из гипса (до 70%), кальцита (10-35%), доломита (3-8%), магнезита (1-4), а шоховые отличаются незначительным количеством гипса (меньше 5%) и максимальным количеством кальцита (20-53 %), доломита (5-15%) и магнезита (1,5-7 %). Иногда в арзыковых горизонтах встречаются сернокислый магний. В очагах накопления содержание его колеблется от долей процента до 14%. Сульфат магния находится в парагенезе с гипсом. С сульфатом натрия образует двойные соли.

Арзыковые почвы засолены легкорастворимыми солями, тип засоления - сульфатный. Поверхностные горизонты арзыковых почв в естественных условиях отличались наибольшим количеством солей. Второй солевой максимум был приурочен к арзыковому слою. В условиях орошения рассолительные процессы доминируют над засолением. Однако своеобразное строение профиля почв и сложения не позволяют полного освобождения от солей. Так, в новоосвоенных почвах весь их профиль засолен. В условиях длительного орошения надарзыковый слой промыт, а в арзыковом слое содержание солей в количестве 1-2%, сверху вниз плавно уменьшается. В составе солей преобладают сульфаты кальция, магния и натрия. Содержание хлора при слабой и средней степенях засоления составляет 0,25-0,87 мг. экв. на 100 г почвы, а при сильной - до 2,45 мг. экв.

Арзыковые почвы характеризуются низким количеством органического вещества и питательных элементов, особенно арзыковые горизонты крайне бедны ими. При поверхностном залегании арзыкового горизонта почвы содержат 0,21-0,39% гумуса, 0,012-0,015% общего азота, до 0,10% валового фосфора и 0,21% валового калия. В мелкоарзыковых и глубокоарзыковых почвах содержание гумуса 1-1,5%, валового фосфора 0,11-0,16 % и калия 1,14-1,52%. По содержанию подвижных форм фосфора они не обеспечены, а по количеству обменного калия слабо- и среднеобеспечены.

В литературе отмечено, что содержание перегноя и питательных элементов в почвах пустынной зоны под влиянием орошения изменяются в положительную сторону [1]. Такие изменения нами выявлены и в

арзыковых луговых почвах. Результаты исследования показывают, что изменения агрохимических свойств арзыковых луговых почв зависят от давности освоения, применяемых агротехнических и мелиоративных мероприятий, состава возделываемых культур.

Давность освоения характеризуемых почв 25-30 лет. За это время эти почвы были использованы под посевы люцерны, кукурузы, хлопчатника, бахчевых и реже риса. Были внесены местные удобрения в виде навоза до 10-20 т/га (но не всегда и не повсеместно), минеральные удобрения - азот 150-200 кг/га и фосфор 80-150 кг/га. K_2O вносили в количестве 40-50 кг/га (в отдельные годы).

Заметные изменения в содержании питательных веществ наблюдается, в основном, в надарзыковой - собственно почвенной части профиля почвы. Содержание гумуса за 25 лет орошения увеличилось от 0,1 до 0,5%. Однако есть почвы, в которых содержание гумуса и других питательных элементов не изменилось.

Валовые формы фосфора повсеместно увеличены, а общий калий наоборот, уменьшился. Содержание подвижного фосфора в пахотном горизонте колеблется от 15 до 38 мг на кг почвы. Эта величина в подпахотных арзыковых горизонтах снижается до 2-10 мг/кг. Резкое уменьшение количества подвижного фосфора в арзыке объясняется с большим содержанием гипса, который способствует превращению фосфора в недоступную форму.

Результаты анализа группового состава фосфора показывают, что накопление фосфора в профиле почв по группам происходит по разному. Фосфоронакопление связано с внесенными фосфорными удобрениями [2], по этой причине его содержание в пахотном горизонте больше. Минеральный фосфор накапливается и в арзыковом слое, но его темп здесь значительно снижен. В групповом составе преобладающее место занимает фосфоры II группы. Их содержание от общего фосфора составляет 60-75%, фосфаты I группы 6-10 %. Это в сравнении с данными 70-годов больше на 3 и 7%, соответственно.

Фосфаты I и II группы в пахотном горизонте луговых почв в сравнении с арзыковыми почвами накоплены меньше (3-4% и 63%). Накопление фосфатов III группы как в арзыковых, так и в луговых почвах происходит одинаково. Содержание фосфатов IV группы по всему профилю луговых почв преобладают над таковыми в арзыковых.

Таким образом, в арзыковых почвах в условиях орошаемого земледелия происходит накопление гумуса и азота, и этот процесс свойственен пахотным надарзыковым горизонтам. Содержание калия уменьшается. Также идет процесс накопления общего фосфора, причём процесс идет за счет фосфатов I и II группы.

Литература

1. Исаков В.Ю. Генезис и свойства арзыковых почв Центральной Ферганы. Авт. на соис. уч. ст. канд.с/х наук. 1985. Ташкент.
2. Зглинская Н.Л., Ниязова А.А. Формы фосфора в гидроморфных почвах пустынной зоны: Сб. науч. тр. НИПА АН УзССР. –Ташкент.,1981. Вып.20. С.49-53.

УДК 631.4(571.63-25)

ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ОСТРОВА РУССКИЙ

Л.Б. Исаченкова

Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: isalida@mail.ru

Природа острова Русский привлекает к себе внимание исследователей, особенно в связи с его активным освоением; однако почвы изучены слабо, в отличие от почв континентальной части Дальнего Востока [1], [2], [3], [4] и др.

Остров Русский, площадью около 100 км² – ветвь горной системы Сихотэ-Алиня, характеризуется низкогорным (сопочным) типом рельефа, типичным для юга Приморья. На острове имеется 47 сопок, наиболее крупные расположены в центре, их высоты не превышают 300 м. В рельефе выделяются выровненные поверхности сопков, склоны средней крутизны и слабонаклоненные морские террасы шириной 2-5 м. Рельеф острова осложнен многочисленными эрозийными формами. Берега скалистые, обрывистые.

В геологическом строении острова принимают участие мезокайнозойские отложения, представленные позднепермскими интрузиями (граниты, гранодиориты), перекрытыми отложениями нижнетриасового (конгломераты и песчаники) и четвертичного возраста. Почвообразующими породами на вершинах сопков служат суглинисто-щебнистый элювий гранитов, конгломератов и мелкокристаллических песчаников, богатый первичными минералами; его мощность колеблется от долей метра до 3-5 м. Пролувиально-делювиальные суглинки покрывают средние и нижние части склонов, а морские террасы сложены супесями с включением гальки и гравия. Прибрежные морские отложения представлены галькой, гравием, песками.

Климат острова – муссонный. Осадки выпадает во второй половине лета, температура в августе поднимается до +20,8^oC, в январе опускается до – 14,9^oC. Несмотря на длительное освоение и многочисленные пожары лесистость острова продолжает оставаться высокой – 83%. Среди лесов 64% занято длительно производными дубняками (дуб монгольский), 19% приходится на липняки и ольховники. Кустарниковые заросли, гари и вырубки, с последующей посадкой ореха маньчжурского распространены на 12% территории. Вершины сопков заняты обычно чистыми дубовыми насаждениями, часто без подроста и подлеска. Ниже по склонам распространены дубовые леса с примесью граба, берез и липы амурской. На южных склонах формируются дубовые леса с подлеском из лещины маньчжурской, чубушника, бересклета. Травяной ярус состоит из осок, злаков, лесного разнотравья, проективное покрытие варьирует от 20-40 до 80-90%. Болотные массивы невелики, преобладают вейниковые, осоковые и осоково-злаковые болота. Приморские луга

образованы злаками, полынью Гмелина, разнотравьем.

Перечисленные выше факторы почвообразования определяют преобладание буроземов, наиболее характерными признаками которых являются слабая дифференциация профиля, однотонный бурый или коричневато-бурый цвет, слабокислая реакция, оглинение, отсутствие выноса ила, слабо выраженное перераспределение оксидов алюминия и железа по профилю.

Для изучения почвенного покрова острова нами было заложено 187 разрезов, что позволило выделить следующие почвы.

Буроземы маломощные поверхностно- и неглубоко-каменистые – самые распространенные почвы. Характерны для вершин и склонов сопок, формируются на элювии гранитов, конгломератов и мелкокристаллического песчаника под травянистыми дубовыми лесами. В профиле выделяется серый гумусовый горизонт, мощностью 6-7 см, однородный, легко-среднесуглинистый, с хорошо выраженной прочной, комковатой структурой и значительно переработанный почвенной мезофауной. Горизонт A1B, мощностью до 17 см, серый с буроватым оттенком, однородный, мелкокомковатый. Горизонт Bm, мощностью до 45 см – бурый, однородный, комковатый, тяжелосуглинистый; увеличивается плотность и количество обломков пород. О проявлении процессов перемещения вещества по профилю свидетельствуют темно-коричневые пленки на верхней поверхности обломков. В целом почвы характеризуются слабокислой реакцией ($pH_{\text{водн.}} 5,9$), содержат 7,3% гумуса, 90,3 мг/кг азота, 83,9 мг/кг фосфора и 378,0 мг/кг калия.

Буроземы слаборазвитые встречаются локально на крутых привершинных частях склонов, крутых склонах под разреженными дубовыми лесами. Отличаются маломощным профилем (20-30 см), небольшим количеством мелкозема. Генетические горизонты выражены фрагментарно. Горизонт Bm имеет бурый, коричневато-бурый цвет, содержит многочисленных включений обломочного материала. Реакция нейтральная ($pH_{\text{водн.}} 6,5$), содержание гумуса и азота среднее, фосфора и калия – высокое.

Темно-бурые иллювиально-гумусовые буроземы неглубоко-каменистые характерны для склонов южных экспозиций, что определяет развитие мощного травянистого покрова под дубовыми лесами. Среди них встречаются широколиственные дубравы, для которых характерен более мощный гумусовый горизонт (до 8-9 см), серого, до темно-серого цвета. Горизонт имеет мелкокомковатую с зернистостью структуру за счет переработки почвенной мезофауной, содержит большое количество корней. Горизонт Bmh отличается коричневато-бурый цвет, неясно-комковатой структурой, значительной плотностью и резким увеличением количества обломочного материала. На верхней поверхности обломков прослеживаются серые и темно-бурые гумусовые пленки. Гумусовый горизонт характеризуется близкой к нейтральной реакцией ($pH_{\text{водн.}} 6,3$), самым высоким содержанием гумуса (8,5%) и азота (83,8 мг/кг).

Буроземы вторично-одренованные неглубоко-каменистые формируются на склонах южной экспозиции под вторичными лугами и осветленными злаково-разнотравными порослевыми лесами, на месте вырубок широколиственных лесов с последующими посадками маньчжурского ореха. Хорошо развит травянистый ярус, представленный разнотравно-злаковым лугом с проективным покрытием 80-90%. Соответственно, горизонт дернины имеет большую мощность, а гумусовый – прочную комковато-зернистую структуру, слабокислую реакцию ($pH_{\text{водн.}} 6,2$), содержание гумуса достигает 7,8%.

В буроземах окультуренных неглубоко-каменистых, характерных для огородов и приусадебных участков выделяется темно-серый, однородный пахотный горизонт, с прочной зернисто-комковатой структурой, легко(средне)суглинистого гранулометрического состава.

Буроземы глеевые и глееватые неглубоко-каменистые формируются у подножья склонов в условиях избыточного увлажнения. Они часто окружают болота, образуя переходную зону между автоморфными (буроземами) и гидроморфными (болотными) почвами. Оглеение затрагивает практически весь почвенный профиль. Верхний горизонт буроземов глеевых выделяется самой кислой реакцией – $pH_{\text{водн.}} 5,3$, а содержание гумуса доходит до 7,3%.

Дерновые средне- и маломощные поверхностно-каменистые почвы формируются на прибрежных частях острова на морских галечниках. Ареал этих почв совпадает с вытянутой вдоль побережья полосой высокотравья. Почвы имеют простое строение профиля: A1-A1C-C, характеризуются нейтральной реакцией ($pH_{\text{водн.}} 6,7$), средним количеством гумуса, высоким содержанием фосфора и калия. Возможно, некоторое подщелачивание почв связано с процессами импัลверизации солей с поверхности океана, характерными для прибрежных участков.

Дерновые среднемощные поверхностно-глееватые поверхностно-каменистые почвы встречаются на более влажных частях побережий, в приустьевых участках рек. Отличаются от выше рассмотренных более мощным гумусовым горизонтом (6-7 см), его лучшей выраженностью (серый с комковатой, прочной структурой) и проявлением оглеения в верхней части профиля в виде мелких сизых и охристых пятен.

Торфянисто-перегнойно-глеевые почвы формируются в условиях длительного переувлажнения. Основной массив болот расположен в пониженной части острова, часто на террасах, в зоне разгрузки вод, поступающих по балкам и ложбинам. В профиле выделяются торфянисто-перегнойный и глеевый горизонты. Торфянисто-перегнойный горизонт болотных почв характеризуется слабокислой, близкой к кислой реакцией ($pH_{\text{водн.}} 5,7$), высоким содержанием азота и калия.

Дерново-перегнойно-глеевые почвы формируются на периферии болот, где постоянно проводят скашивание тростника, что приводит к изменению увлажнения и формированию в верхней части профиля перегнойного горизонта.

Буроземы острова Русский характеризуются повышенной гумусированностью и близки по морфологическим свойствам, несмотря на островное положение, почвам дубовых лесов материковой

части Дальнего Востока. Почвенный покров о. Русский отличается значительным разнообразием и требует дальнейшего изучения.

Литература

1. Грачева Р.Г. Лесные почвы Сихотэ-Алиня и Белых гор (Северные Аппалачи, США) как отражение истории развития регионов / Региональные проблемы экологии, географии и картографии почв. М.: изд-во Моск. ун-та, 1998. С.198-217.
2. Иванов Г.И. Почвообразование на юге Дальнего Востока. М.: Наука, 1976. 200 с.
3. Ливеровский Ю.А. Основные особенности географии и генезиса почв южной половины Дальнего Востока / Генезис бурых лесных почв. Т.10 (113). Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1972. С. 7-20.
4. Пшеничников Б.Ф., Пшеничникова Н.Ф. Генезис и эволюция приокеанических буроземов. Владивосток: изд-во Дальневосточного ун-та. 2002. 290 с.

УДК 577.4: 631.41:641.452

ОЦЕНКА РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА САМООЧИЩЕНИЯ ПОЧВ АЗЕРБАЙДЖАНА ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ОРГАНИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Н.М. Исмаилов

Институт микробиологии Национальной Академии Наук Азербайджана, Баку, e-mail: ismaylovn@mail.ru

При разработке прогноза изменения ландшафтов Азербайджана под воздействием антропогенных факторов актуальное значение приобретает изучение устойчивости биогеоценозов при загрязнении их различными органическими веществами.

Решение проблемы районирования состоит в учете потенциала самоочищения. Чем выше потенциал самоочищения почв, тем скорее пойдет процесс их восстановления при одинаковом модуле техногенной нагрузки и составе загрязняющих веществ и тем большую разовую нагрузку они выдерживают, чтобы этот процесс не прекратился (2). От потенциала самоочищения зависят: нормирование допустимых концентраций загрязняющих веществ, выбор способа рекультивации загрязненных земель, систем управления, организация мониторинга за состоянием почв.

Ресурсный потенциал устойчивости и самоочищающей способности различных типов почв определяется биогенными и абиогенными факторами. Одним из основных абиогенных факторов, определяющих интенсивность микробиологических процессов является температурный фактор - сумма эффективных температур в течение всего года и температура почвы [2]. В почве наиболее многочисленны мезофильные микроорганизмы: температурный оптимум для их роста лежит в пределах от 20 до 42°C [3], и в значительной степени эти микроорганизмы определяют самоочищающую способность почв при загрязнении их органическими веществами. В этой связи при оценке потенциала самоочищения территории в первую очередь необходимо определить климатический потенциал устойчивости.

В отличие от бонитировки климата, в основе которого лежит учет суммы годовых температур выше 10° [4], при оценке самоочищающей способности почв целесообразно учитывать сумму годовых температур выше 15°C, более приближенной к оптимальной сумме температур, необходимых для функционирования почвенных мезофильных групп микроорганизмов. Предлагается нижеследующая формула для определения климатического потенциала самоочищения (КПс):

$$КПс = \frac{\sum T > 15^0}{5475^0}$$

где КПс- климатический потенциал самоочищения; $\sum T > 15^0$ – сумма эффективных температур в течение года; 5475⁰- сумма эффективных температур в течение всего года, максимально приближенная к эффективной для почвенных микроорганизмов.

Расчитанные нами показатели КПс некоторых районов Азербайджана колеблются от 0,48 в горных регионах до 0,87 в Нахичевани. Полученные данные позволяют утверждать, что КПс является объективным показателем, характеризующим климатические ресурсы страны при оценке устойчивости ландшафтов к загрязнению органическими веществами, и в качестве абиогенного фактора самоочищения может быть использован при районировании ландшафтов.

Оценка устойчивости почвенного покрова Азербайджана к загрязнению органическими веществами путем системного анализа абиогенных и биогенных факторов, определяющих эти процессы, показывает, что наиболее высокой биогенностью характеризуются горные каштановые, черноземы и луговые типы почв. С повышением суммы активных температур от 1000-2000 до 4500°C четко прослеживается закономерный рост биогенности почв. Сравнительный анализ показывает, что высокая биогенность каштановых и горно-черноземных почв имеет место при определенных сочетаниях абиогенных факторов: средней суммы температур выше 10°C, равной 3800-4500, Md – 0,28-0,30 и содержании гумуса 3,0-3,9%. Дальнейшее повышение суммы активных температур при одновременном снижении Md до величины 0,10-0,15 создает в почве неблагоприятные гидротермические условия для биогенности почв. Сравнительно низкая биологическая активность сероземных и серо-бурых почв в первую очередь связана с недостаточным уровнем естественного увлажнения при избытке термических ресурсов. По мере продвижения к предгорным и горным типам почв, несмотря на наличие благоприятного увлажнения, их биогенность также низка, что в первую очередь связано с недостаточно высокими тепловыми ресурсами.

Показатели биогенности темно-каштановых почв приняты нами за эталон оценки актуальной самоочищающей способности различных типов почв и для них, приняв за основу показатели баллов по биогенности, определены поправочные коэффициенты биогенности (табл.1).

Таблица 1

Почвенно-экологические индексы самоочищения почв Азербайджана

Наименование почв	Поправочный коэффициент по биогенности	ПЭИс	Наименование почв	Поправочный коэффициент по биогенности	ПЭИс
Горно-луговые	0,63	56	Сероземные	0,80	53
Бурые горно-лесные	0,48	42	Серо-бурые	0,66	26
Горные черноземы	0,81	69	Лугово-сероземные	0,58	46
Коричневые горно-лесные	0,81	69	Луговые	0,72	57
Темно-каштановые	1,0	84	Горно-лесные желтоземные	0,51	35
Каштановые	0,99	79	Желтоземно-подзолистые	0,58	45

С учетом поправочных коэффициентов биогенности и температурного фактора сравнительную оценку устойчивости различных типов почв к загрязнению органическими веществами и их самоочищающей способности предлагается определить по формуле:

$$ПЭИс = 12,5 (2-V) \cdot \frac{\sum T > 15^0 \cdot (KУ - 0,5)}{KK + 100} \cdot Kб$$

где ПЭИс – почвенно-экологический индекс самоочищения; V- плотность почвы в среднем для слоя 0-20см; п - «полезный» (безбалластный объем почвы в слое 0-20см; $\sum T > 15^0$ – среднегодовая сумма активных температур выше 15°C; величина 12,5 введена в формулу для того, чтобы привести определенную совокупность показателей к экологическому индексу, равному 100 (почвенно-экологические индексы выражаются с округлением до целых чисел); $K_б$ - коэффициент биогенности.

Основу предложенной формулы составила формула расчета почвенно-экологических индексов, предназначенная для оценки плодородия почв в количественных единицах [5].

По предложенной формуле рассчитаны почвенно-экологические индексы самоочищения (ПЭИс) для основных типов почв Азербайджана (табл.1). При районировании самоочищающей способности территории условно принимаются одинаковый модуль техногенной нагрузки и состав загрязняющих веществ, состоящий из соединений, способных к деградации природными микроорганизмами. Как видно, наиболее высоким баллом характеризуются каштановые, горные черноземы, луговые, потенциально наиболее слабой устойчивостью к загрязнению органическими веществами обладают серо-бурые, горно-лесные, желтоземные почвы. При продвижении к горным районам оценочные баллы снижаются.

По полученным результатам можно рассчитать средневзвешенный показатель ПЭИс всей территории Азербайджана – 55. Принимая средневзвешенный ПЭИс страны 55 за единицу ($K=1$), можно определить коэффициенты ПЭИс почв других регионов.

Предложенная формула дает возможность рассчитывать оценочные баллы по устойчивости и самоочищающей способности для зональных почв суглинистого гранулометрического состава. Оценочные баллы других почв можно рассчитывать с учетом поправочных коэффициентов для разного гранулометрического состава, степени засоления, солонцеватости, окультуренности и т.д.

Предлагаемые подходы к районированию почв по их устойчивости к загрязнению позволяет установить уровень концентрации органических загрязнений в почвах и грунтах, выше которого почва не может сама справиться с загрязнением, её потенциал самоочищения не работает. Это уровень, который принято называть верхним пределом потенциала самоочищения [1], несомненно, будет различен для различных типов почв Азербайджана. Почвы, которые содержат органические загрязнения выше ВППС, должны будут подвергаться санации и рекультивации, так как без этих мероприятий они не выйдут из стадии деградации, и будут оказывать устойчивое негативное влияние на окружающую среду. Примером являются тысячи гектаров нефтезагрязненных почв Апшеронского полуострова.

Эти же исследования позволят выявить безопасный верхний уровень концентрации органических загрязнений в почвах, который может быть принят за ориентировочный уровень допустимой концентрации в почвах: степень загрязнения, при котором в данных природных условиях почва в течение одного года восстановит свою продуктивность, а негативные последствия для почвенного биоценоза могут быть самопроизвольно ликвидированы [1]. Вполне очевидно, что уровень допустимой концентрации органических загрязнений в почве не может быть единым для всех типов почв и природных зон Азербайджана. Он будет зависеть от факторов, определяющих влияние загрязнителя на свойства почв и растений, от потенциала самоочищения почв от данного типа загрязнения.

Литература

1. Пиковский Ю.И. и др. Проблема диагностики и нормирования загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами. /Почвоведение, 2003, №9, с. 1132-1140.
2. Мишустин Е.Н. Ассоциации почвенных микроорганизмов. М.: Наука, 1975, 106с.
3. Шлегель Г. Общая микробиология. М.: Мир, 1987, 566с.
4. Шашко Д.И. Агроклиматическое районирование СССР. «Вестник с.х. науки», М., 1967, с.122-128.
5. Карманов И.И. Общие проблемы оценки плодородия почв и особенности его оценки в условиях орошения. //В сб.: Плодородие почв: проблемы, исследования, модели. Научные труды Почвенного ин-та им.В.В.Докучаева. . М, 1985, с. 12-20.

УДК: 631.46

**ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПОЧВЕННОЙ МИКРОФЛОРЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ
ВЕРТИКАЛЬНОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ ПОЧВ**

Д.А. Кадирова, М.Э. Саидова

*Ташкентский государственный аграрный университет, Ташкент, e-mail: dilrabo_godirova@rambler.ru,
munisa.saidova@rambler.ru*

На современном этапе интенсификации сельскохозяйственного производства главное внимание придается сохранению и воспроизводству плодородия почв. Одной из ключевых проблем при этом является повышение биологической активности почв, создание благоприятных условий для жизнедеятельности почвенной микрофлоры. Роль этих микроскопических существ в формировании почв и повышение их плодородия необычайно сложна и многообразно. Микробы, будучи древнейшими организмами на земле, существующими миллиарды лет, являются самыми древними почвообразователями, действовавшими задолго до появления высших растений и животных [3].

Многими исследователями [4, 6] установлено, что жизнедеятельность почвенных микроорганизмов тесно связана с эколого-географическими условиями среды. При этом доказано, что изменение состава микробного населения зависит от горизонтальной и вертикальной зональности почв.

В связи с вертикальной поясностью почв выявлены характерные особенности микрофлоры почв Киргизии [1, 5]. Закономерности изменения состава и численности микроорганизмов в почвах вертикальных зон Таджикистана изучал А.Ф.Захаренко [2]. Ему установлено, что общая численность микробного населения в 1 г абсолютно сухой почвы по мере повышения суммы осадков, понижения суммы температур, а также увеличения содержания в почве органического вещества от типичного к темному серозему и далее к горным коричневым почвам постепенно возрастает. Полученные ими оригинальные материалы позволяют провести сравнительное изучение микробиологических процессов, протекающих в равнинных и горных почвах. Также, Ш.А.Чулаков [6] наблюдал возрастание количества грибов от почв вертикально нижерасположенных к высокогорным почвам.

Несмотря на то, что о распространении в разных условиях и существовании микроорганизмов имеется уже много данных, однако, сведений по изменению численности ряда физиологических групп (аммонификаторы, грибы, актиномицеты, нитрификаторы, денитрификаторы, азотфиксаторы, аэробные целлюлозоразлагающие, маслянокислые) микроорганизмов под влиянием эрозийных процессов, в зависимости от вертикальной зональности и различных почвенно-климатических условий Узбекистана недостаточно.

Исследования проводились в эродированных богарных типичных и темных сероземах, горно-коричневых (карбонатных, типичных и слабовыщелоченных) почвах, расположенных в условиях вертикальной зональности. Образцы почв для микробиологического анализа отбирались с глубины 0-30, 30-50 и 50-70 см. Учет численности микроорганизмов в почвенных образцах проводили по общепринятым методикам института Микробиологии АНРУз.

Результаты исследования показали, что почвы исследуемой территории под влиянием эрозии отличаются по активности развития различных физиологических групп микроорганизмов. В этих почвах почвообразовательный процесс протекает, главным образом, в аэробных условиях, при этом ведущее место принадлежит аммонификаторам, актиномицетам и грибам. В ценозе бедно представлены нитрифицирующие, маслянокислые бактерии и целлюлозоразлагающие микроорганизмы. Азотфиксирующие и денитрифицирующие бактерии имеют промежуточное положение.

Количественные изменения изученных групп микроорганизмов отражаются и в распространении почв по вертикальной зональности. С увеличением высоты над уровнем моря встречаемость микроорганизмов становится больше по всей изученной глубине. Если в типичных и темных сероземах они обнаруживались в основном в верхних слоях на глубине 0-30 см, то в горно-коричневых, особенно горно-коричневых слабовыщелоченных почвах значительное их количество обнаруживается и на глубине 30-50 и 50-70 см. Это можно объяснить различными гидротермическими режимами исследованных почв. Причем, если в сероземных почвах развитие микроорганизмов тормозит повышенный температурный режим и дефицит влаги, то в горно-коричневых достаточное количество органического вещества, влаги и благоприятный температурный режим способствуют их более активному размножению.

В типичных сероземах в соответствии с содержанием гумуса и питательных элементов количества микроорганизмов невелика и колеблется в зависимости от степени эродированности в 0-30 см слое аммонификаторы от 97,3 до 366,0 грибы от 20,0 до 44,0, актиномицеты от 21,0 до 72,3, нитрификаторы от 4,6 до 18,6, денитрификаторы от 7,6 до 21,6, азотфиксаторы от 11,6 до 35,0, аэробные целлюлозоразлагающие

микроорганизмы от 3,3 до 15,3, маслянокислые бактерии от 3,6 до 14,3 тыс./г почвы. Задерживающим фактором роста изученных групп микроорганизмов в данных почвах являются высокая температура, недостаток влаги и органических веществ. В смытых почвах в слое 50-70 см нитрифицирующих (0,5), денитрифицирующих (0,9) и маслянокислых бактерий, а также аэробные целлюлозоразлагающие микроорганизмы (0,6) обнаружены в очень незначительном количестве, чем в других группах микроорганизмов. В намытых же почвах содержание микроорганизмов в этих слоях встречается также в незначительном количестве. Поэтому энергетические запасы для обеспечения микробиологических процессов в типичном сероземе ограничены.

В темных сероземах – их намного больше. Темные сероземы хорошо обеспечены источниками пищи для микробов. Наблюдается изменение количества микроорганизмов в зависимости от экспозиции склона, степени эродированности, и колеблется по профилю в широких пределах 0,5-628,6 тыс./г.

Такую же закономерность отмечается и в горных коричневых почвах. Но, по сравнению с сероземными почвами наблюдается повышение количества микроорганизмов и закономерно нарастает от горно-коричневых карбонатных к горно-коричневым типичным почвам и достигает максимума в горно-коричневых слабовыщелоченных почвах. Это объясняется тем, что запасы фитомассы в этих почвах в два-три раза больше, чем в сероземах, а ее доля в образовании гумусовых веществ значительна. Для их образования основную роль играет большой запас корневых остатков, которые разлагаются в умеренно теплых и влажных условиях, при преобладании процесса гумификации над процессом минерализации, что способствует накоплению большого количества гумуса в горных коричневых почвах.

Итак, численность микроорганизмов по вертикальной зональности зависит, прежде всего, от местоположения почв. В одних условиях низкая численность данных микроорганизмов объясняется недостатком положительных температур или недостатком влаги, в других - недостатком органических веществ, а в остальных - совокупностью вышеуказанных факторов.

Таким образом, обобщая материалы по распространению микроорганизмов в почвах исследуемой территории можно сделать вывод, что выше отмеченные почвенно-экологические различия исследуемой территории не могли не наложить отпечаток на развития микробного населения в исследуемых почвах. В условиях вертикальной почвенной зональности общее содержание изученных групп микроорганизмов нарастает от предгорных к средневысотным горным почвам по мере улучшения их структурности, порозности, увеличения гумусности, нейтрализации почвенного раствора и других факторов. В результате усиливается деятельность аммонификаторов, поставляющих, в свою очередь, энергетический материал для нитрификаторов. Это связано с лучшими гидротермическими условиями и количеством органического вещества в горно-коричневых почвах, что способствует улучшению азотного питания растений и окажет заметное влияние на труднодоступные фосфаты кальция, переводя фосфор в растворимые соединения. Достаточная обеспеченность минеральными формами азота способствует развитию целлюлозоразрушающих микроорганизмов и интенсивному разрушению клетчатки, что, в свою очередь, приводит к развитию азотфиксирующих микроорганизмов.

Литература

1. Вухрер Э.Г. Микробиологическая и биотическая активность почв Киргизской ССР. Автореф. дисс. докт.б.н.-Фрунзе, 1967 С. 10-21
2. Захаренко А.Р. Разложение целлюлозы в зональных почвах Таджикистана // Почвоведение. – Москва, 1961. №2. - С.54-62
3. Ковда В.А. Основы учения о почвах. М.: Наука, 1973. - Т. 1, 2
4. Мишустин Е.Н. Эколого-географическая изменчивость почвенных микроорганизмов. - М.: Изд. АНРФ, 1947. - 326 с
5. Тимофеев В.А. Микробиологическая характеристика почв Чуйской впадины и северных склонов Киргизского хребта // Тр. Киргиз НИИ-земледелия, вып.3, 1960, С.89-101
6. Чулаков Ш.А. Вертикальная зональность почв и почвенная микрофлора // Тр. Инст. Почвоведения АН Каз., вып.5, Казахстан, 1955, С. 249-260

УДК 911.62 (571.15)

МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Л.Г. Казанцева

*Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул,
e-mail: klg2002@mail.ru*

В настоящее время накоплен большой теоретический и фактический материал о природных условиях Алтайского края, его ландшафтной структуре, составе почв, вод и т.д. При этом возникает множество противоречий при его интерпретации с разных сторон и позиций, что затрудняет дальнейшие научные исследования и их практическое применение. Для разрешения сложившихся противоречий целесообразно провести ландшафтно-геохимическое районирование Алтайского края, которое дает возможность обобщить и систематизировать все имеющиеся данные. Методологической основой для его проведения служат рассмотренные ниже положения.

1. Геохимия ландшафтов, изучающая взаимодействие геосистем и их компонентов через потоки вещества, признается наиболее подходящим направлением физической географии, способным выявить

границы природных образований через дифференциацию вещества в процессе его миграции и аккумуляции. Основой ландшафтно-геохимического районирования является физико-географическое районирование, при этом первое углубляет сущность и уточняет границы последнего [1]. На территории Алтайского края проведено комплексное физико-географическое районирование, а также отдельные виды природного районирования: климатического, почвенно-географического, геоботанического и др. Ландшафтная структура рассматриваемой территории характеризуется высокой неоднородностью и своеобразием, в связи с чем взгляды по вопросам природного районирования весьма разноречивы. Использование информации о ландшафтно-геохимических свойствах среды позволяет во многом разрешить данные противоречия.

2. Важнейшую теоретическую основу физико-географического районирования составляет учение о закономерностях территориальной дифференциации, обусловленной действием зональных и азональных факторов [2]. На территории Алтайского края сочетания и взаимодействие зональных и азональных факторов весьма своеобразно. Геоморфологическое строение находится в тесной двусторонней связи с климатическими процессами, что обуславливает закономерные сочетания геосистем различных иерархических уровней. Большое влияние на климат равнинной части края оказывают горы Алтая и Салаира, что сказывается в субмеридиональном простирании природных зон. Совокупное воздействие атмосферной циркуляции и подстилающей поверхности приводит к отклонению от зональной обстановки и обособлению отдельных участков территории по особенностям соотношения тепла и влаги. Изучение закономерностей геохимических процессов в геосистемах различных рангов дает возможность выделять и уточнять их границы.

3. Наряду с зональными и азональными закономерностями особое внимание заслуживает бассейновый подход к изучению ландшафтной структуры территории. Бассейны рек – это ландшафтно-геохимические арены, в пределах которых от водоразделов к поймам рек закономерно сочетаются элементарные и геохимические ландшафты, связанные между собой геохимическим сопряжением в процессе миграции и аккумуляции вещества и образующие каскадные ландшафтно-геохимические системы [3]. Таким образом, границы геосистем разных уровней так или иначе совпадают с руслами или поймами рек разных порядков, и именно ландшафтно-геохимические исследования позволяют это выяснить. На территории Алтайского края пойма Оби представляет собой главный ландшафтный рубеж [4]. Притоки Оби разных порядков, по-видимому, также являются границами природных комплексов различных уровней, что предстоит определить в процессе ландшафтно-геохимического анализа территории.

4. Интегральными показателями своеобразия природной среды служат кислотно-щелочные и окислительно-восстановительные условия, которые определяют тенденции миграции и аккумуляции химических элементов и находят отражение при обозначении геохимических классов почв и природных вод типоморфными элементами: кислый (H^+), кислый глеевый (H^+-Fe^{++}), кислый, переходный к кальциевому (H^+-Ca^+), содовый (Na^+-OH^-) и т.д. [5, 6]. В лесостепных и степных условиях Алтайского края эти показатели довольно четко отражают ландшафтно-геохимическую дифференциацию территории и показывают геохимическую контрастность ландшафтов, в которых обстановка может варьировать от кислой до сильно-щелочной и от кислородной до глеевой.

5. Согласно положениям о том, что районирование – это деление и объединение геосистем одновременно [2], ландшафтно-геохимическое районирование Алтайского края целесообразно проводить «сверху» – путем изучения факторов региональной дифференциации, используя имеющиеся виды районирования, карты и космические снимки мелкого масштаба; и «снизу» – путем последовательной группировки более простых геосистем в более сложные, используя все материалы средне- и крупномасштабного картирования. По мнению многих ученых этим обеспечивается наибольшая надежность, точность и полнота результатов.

6. В пределах территории Алтайского края проведено ландшафтно-геохимическое районирование поймы Верхней Оби [3], которое основано, с одной стороны, на изучении геохимической связи водораздельных и пойменных геосистем, с другой стороны, на анализе содержания типоморфных элементов и типов геохимических сопряжений в пойменных ландшафтах. Выявленные ландшафтно-геохимические закономерности функционирования пойменных геосистем в рамках бассейновой системы и разработанная классификация элементарных и геохимических ландшафтов могут быть использованы при изучении ландшафтно-геохимической структуры всей территории края.

Ландшафтно-геохимическое районирование Алтайского края имеет как научную, так и практическую значимость. Оно может быть использовано в качестве методологической основы для изучения устойчивости и проведения мониторинга состояния ландшафтов Алтайского края, а также при проведении агроландшафтного и других видов прикладного районирования. Обозначение классов индексами типоморфных элементов позволяет прогнозировать состояние пойменных геосистем в случае изменения климата, кроме того, несет информацию о вещественной специфике ландшафтов, кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных условиях, в зависимости от которых одни элементы мигрируют, а другие аккумулируются, что очень важно знать для определения степени подвижности и скорости удаления из ландшафтов элементов и их соединений, попадающих в почвы с вносимыми удобрениями, ядохимикатами, а также в результате загрязнения сточными водами или промышленными отходами.

Литература

1. Снытко В.А., Семенов М.Ю. Эколого-географические аспекты природного районирования // Эколого-географическое картографирование и районирование Сибири. Новосибирск: Наука. 1990. С. 132-138.
2. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М.: Высшая школа.

1991. 366 с.
3. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа. 1988. 324 с.
 4. Казанцева Л.Г. Ландшафтно-геохимическое районирование поймы Верхней Оби. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та. 2007. 178 с.
 5. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М.: Высшая школа. 1975. 341с.
 6. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия. М.: Логос. 2000. 627 с.

УДК 631

РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

О.В. Кайданова, Т.М. Кудерина, И.В. Замотаев, Г.С. Шилькром, С.Б. Сулова, А.В. Кудиков
Институт географии РАН, Москва, e-mail: tmkud@yandex.ru

В настоящее время исследования радиоактивности в окружающей среде выходят на передний план общих знаний о ландшафтах. Современный мир переживает наряду с природными катастрофами (грандиозные вулканические извержения и пр.) и техногенные катастрофы, достигающие глобальных масштабов (аварии в Чернобыле, в Японии и др.). Негативные воздействия и нагрузки, предупреждение новых угроз требуют ландшафтно-геохимического подхода к оценке состояния среды и возможных тенденций в изменении отдельных ее компонентов. В связи с этим особое значение приобретает комплексная оценка природного и природно-техногенного геохимического фона окружающей территории и ландшафтно-геохимический анализ ее состояния.

В России существуют очаги природной радиоактивности и многочисленные техногенные источники. Для исследования очагов и интенсивности загрязнения окружающей среды радиоактивными элементами и тяжелыми металлами на территории Европейской территории России были выбраны ключевые районы в природных горных ландшафтах (Северное Приэльбрусье и Кавказские Минеральные Воды), на равнинных техногенных территориях (Курская область) в условиях функционирования Курской АЭС.

В ходе проведения ландшафтно-геохимических исследований и полевых измерений радиоактивности было определено современное состояние ландшафтов по степени загрязнения их тяжелыми металлами, редкоземельными и радиоактивными элементами. Исследования проводились при помощи сертифицированного портативного дозиметра-радиометра «Эко-1» фирмы «ЭкоРАД», посредством маршрутной съемки и измерения показателей (МЭД) в циклическом и однократном режимах. Показания прибора выражались в микрозивертах и микрорентгенах в час. Было произведено более тысячи измерений, как в отдельных точках, так и по всему маршруту.

В горных ландшафтах Центрального Кавказа основными источниками радиоактивных элементов являются интрузивные (г. Змейка, г. Бештау и др.) и изверженные породы лавовых потоков Северного Эльбруса, осложненные многочисленными субширотными и субмеридиональными разломами (к ним, как правило, приурочено большинство речных долин). Для определения участков с повышенным радиационным фоном, опасным для человека, был проведен радиационный мониторинг Северного Приэльбрусья и Кавказских Минеральных Вод.

В районе, принадлежащем Эльбрусскому вулканическому центру, было отмечено (в долине Ирик, на северном склоне Эльбруса) некоторое превышение радиационного фона (табл. 1). Незначительные превышения фона (до трех раз по сравнению с общим) отмечены в зонах разломов, маркируемых выходами подземных минеральных источников – «нарзанов». Общее же значение фона не превышает допустимых значений (5-20 мкР/ч).

Особый интерес представляет селитебная зона крупных долин, радиационный фон которой находится в пределах нормы (26-27 мкР/ч), однако в некоторых местах было зафиксировано превышение в два раза. Превышения отмечены в местах свалок строительного мусора, около новостроек и связаны, вероятно, с использованием несертифицированного покупного строительного материала (цемент, щебень, песок), а также минералогическим составом пород, отличающихся естественным повышенным фоном (лавы, кристаллические сланцы и др.).

Повышена радиация и в районе Кавказских Минеральных Вод из-за разработки здесь урановых руд в основных лакколитах (горы Змейка и Бештау). В связи с этим особому риску подвергаются находящиеся на этой территории поселения (Лермонтов, Второафонский монастырь, дачные поселки). На основании проведенных исследований вполне очевидна необходимость проведения в данном регионе постоянного радиационного мониторинга.

В других районах исследования (Соловки, центр и юг ЕТР, Курская область) показатели радиации оказались в допустимых пределах.

В Курской модельной области проводится долговременный мониторинг всех компонентов ландшафтов.

В зоне влияния Курской АЭС радиоактивного загрязнения ^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{137}Cs не обнаружено ни в одном из исследованных образцов почв и донных отложений р. Сейм, Реут, водоема-охладителя и ручья, вытекающего из него (зона безопасности АЭС). Содержание радионуклидов в верхнем торфянистом горизонте технозема глееватого (северо-восточный берег водоема-охладителя) и донных отложений не превышает или даже ниже фоновых значений. В целом удельная активность радионуклидов находится в настоящее время на уровне фона (табл. 2).

Городские ландшафты Курска и Рыльска имеют локальные зоны воздействия старых и новых источников антропогенного воздействия.

Таблица 1

Результаты измерения радиационного фона (мкР/час)

Объект	Кол-во измерений	Среднее	Дисперсия	Максимальное
Эльбрус	18	49,5	27-97	97
Приэльбрусье и долина Баксана	1036	26,9	10-59	59
Кавминводы	52	26,7	8-59	59
Долина Теберды	18	19,2	9-31	31
Западный Кавказ	24	17,2	11-23	23
Калмыкия	36	11,3	9-14	14
Курская обл.	86	11	6-16	16
Соловки	37	12,3	5-22	22

Таблица 2

Активность радионуклидов в техноземе и донных отложениях в зоне влияния Курской АЭС

Наименование показателя, Бк/кг	Активность, Бк/кг
<i>Донные отложения р. Сейм «на выходе»</i>	
Активность 40К	354.4788±142.4501
Активность 232Th	24.4000±18.2000
Активность 226Ra	27.5000±14.9000
Активность 137Cs	4.3727±8.2170
<i>Донные отложения р. Сейм «на входе»</i>	
Активность 40К	288.8320±112.9215
Активность 232Th	25.7831±16.7001
Активность 226Ra	9.043±11.90020
Активность 137Cs	4.0307±7.5245
<i>Донные отложения р. Реут «на выходе»</i>	
Активность 40К	673.3006±163.9974
Активность 232Th	46.3497±19.8839
Активность 226Ra	27.6739±146006
Активность 137Cs	-1.2684±8.0601
<i>Донные отложения водоема-охладителя Курской АЭС, северо-восточная часть</i>	
Активность 40К	196.0000±185.0000
Активность 232Th	2.1000±19.5000
Активность 226Ra	11.6000±15.5000
Активность 137Cs	6.4000 ±10000
<i>Торфянистый горизонт технозема глееватого, северо-восточный берег водоема-охладителя</i>	
Активность 40К	109.000±113.0000
Активность 232Th	9.4000±13.2000
Активность 226Ra	11.9000±10.4000
Активность 137Cs	3.8399±6.3771

При геохимическом исследовании культурных слоев древних городищ Курска и Рыльска было выявлено накопление Ag, Pb, Sn (в Рыльске еще и Cu). Все перечисленные выше тяжелые металлы (ТМ) слабо подвижны в нейтральной среде миграции, которая характерна для этих городских ландшафтов. Очевидно, накопления их, обнаруженные в глубоких пластах культурного слоя (Ag обнаружено на глубине 70-130 см, Sn – на 70-80 см, Pb – на 50-60 см), связаны исключительно с древним загрязнением.

В настоящее время главными источниками поступления загрязняющих веществ в окружающую среду являются промышленные предприятия Курска. В результате проведенных исследований на территории города выявлены две геохимические аномалии с высокими уровнями содержания ТМ в почвах. В центре города под воздействием выбросов завода «Электроаппарат» сформировалась геохимическая аномалия с повышенным содержанием Ag. Установлено, что площадь очень сильного загрязнения невелика – прослеживается лишь в радиусе 10 м от завода, но следы загрязнения фиксируются и на восточной территории города. В южной части города вокруг Курского аккумуляторного завода (КАЗа) обнаружена геохимическая аномалия с высоким уровнем содержания Pb, Ni и Cd. Зона сильного загрязнения, прослеживаемая в радиусе до 500 м от завода, охватывает и жилые районы города. Максимальная протяженность аномалии составила 2 км.

Установлено, что снижение объема выбросов ТМ предприятиями г. Курск в результате спада производства в 90-х гг. прошлого века не привело в настоящее время к снижению содержания ТМ в почвах.

Более того, загрязнение почвы ТМ в радиусе 100 м от КАЗа увеличилось в 2-3 раза (табл. 3).

Таблица 3

Динамика ТМ в почвах г. Курск

ТМ, Кс	Годы наблюдения							
	1980 - 1985			2000 – 2006				
	Районы города			Районы города				
	Восточный	Центр	Южный	Восточный	Центр	Южный		
Pb	2	4	14	2	3,3	62* 32		
Ni	4	1	5	1	1	16* 10		
Cd	-	-	8	-	-	36* 32		
Mo	8	1	10*	6	1	1	-	
W	-	1	7*	-	-	25*	1	-
Ag	2	15	143*	31	9	10,0	140*	-
Zn	4	5	7	4	2	-	-	-
Cu	2	2	1	2	3	-	-	-
Bi	-	-	-	-	1700*	-	-	-

Кс-1 - значение Кс среднее для района города; Кс-1 - значение Кс у стен завода*

Опасным источником загрязнения окружающих ландшафтов является территория бывшей промышленной свалки г. Курск. Вновь начавшаяся ее разработка может вызвать повышение концентрации многих техногенных элементов (Pb, Cd, Ni, Sb) в ландшафтах, что будет негативно сказываться на уже сложившемся частном секторе плодоовощных пригородных хозяйств Курска.

Таким образом, ландшафтно-геохимические исследования позволили выявить природные и антропогенные источники повышенных концентраций радиоактивных элементов и тяжелых металлов в современных условиях природопользования.

УДК 631.48

ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПОЧВЕННО-ЛАНДШАФТНАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ ЧУКОТСКОГО НАГОРЬЯ

Н.А. Караваява

Институт географии РАН (ИГ РАН), Москва, e-mail: aekon1958@mail.ru

Изучена вертикальная дифференциация почв долины р. Амгуэма в ее среднем и верхнем течении и на водоразделе с верховьем р. Канчалан бассейна р. Анадырь. Долина окружена хребтами абсолютной высоты (абс. выс.) ~ 800 м. Рельеф меняется: 2 горно-долинных оледенения, неотектоника, экзогенные процессы [1]. Изучен северо-западный склон хребта Искатень. Среди плотных пород преобладают липариты, локально – андезиты и метаморфические осадочные (алевролиты). Повсеместна многолетняя мерзлота (ММ). Выделены 3 высотные почвенно-ландшафтные зоны. 1. Низкая и холмистая равнина, абс. выс. < 200 – 400 м, гипоарктическая тундра [2]. Автономные позиции на суглинках (смесь морены и древнего аллювия) заняты кочкарными осоково-пушицевыми ценозами, почвы глееземы торфянисто-перегнойные криотурбированные потечно-многогумусовые, в минеральной толще 7% гумуса, глубина сильнольдистой ММ 40 – 50 см. На легкой морене в тех же позициях пятнисто-бугорковый микрорельеф, кустарничково-моховые ценозы, - подбуры гумусные глеевые [3], ММ малольдистая, глубина 70 – 80 см. На гетерономных позициях преобладают полигонально-валиковые болота и почвенные комплексы: на валике – глеезем торфяный криотурбированный, глубина ММ 40см; в срединном болотце – торфяные олиготрофные, глубина ММ 60–70 см. На пойме аллювиальные серогумусовые почвы, глубина грунтовых вод 1-1,2 м, мерзлоты нет (талик). Такие болотные комплексы и аллювиальные почвы распространены и в лежащей выше низкогорной зоне по понижениям рельефа и пойменным террасам притоков Амгуэмы. 2. Низкогорье, абс. выс. 400 - 700 м. Породы – рыхлый элюво-делювий средних или кислых по составу плотных пород, перекрытых суглинистой мореной разной мощности. На склонах представлено сочетание растительных сообществ: фон – пятнисто-бугорковая кустарничково-осоковая лишайниково-моховая тундра на пологих склонах с мощностью слоя мелкозема около 70 см (объемное содержание скелета 20-70%). Почвы подзолисто-глеевые перегнойно-серогумусовые потечно-гумусовые криотурбированные [3], ММ с объемом льда > 50%, глубина 110 см. Верхняя часть профиля кислая глееватая, нижняя – глеевая почти нейтральная. Отчетливая текстурная дифференциация, коэффициент дифференциации по илу (КД) 1,4 – 2,8, мощность элювиальной толщи 25 см. Минеральные горизонты над ММ содержат 3–4% гумуса. Распределение подвижных оксидов по Тамму слабо элювиально-иллювиальное. На фоне пятнисто-бугорковой тундры развиты рощицы ольхи высотой 1,5 – 3,0 м. Приурочены к нижней половине склонов с уклонами до 18° и менее мощной (~ 50 см) рыхлой толщей. Высотная протяженность этой полосы на северном склоне 100- 150 м, на южном 200 – 250м. Приурочена к благоприятной ветровой и снежной «экспозиции», то есть устойчивому рыхлому снежному покрову в холодный период. Кустарничковый

ярус угнетен (высота 10 – 15 см), густой покров гипновых мхов. Под ольховым стлаником развиты подзолисто-глеевые торфянисто-перегнойные потечно-многогумусные криотурбированные почвы [3]. Грубые органогенные горизонты мощностью до 15 см (медленное разложение из-за затененности).

Верхняя часть профиля кислая, глееватая, нижняя – слабокислая, глеевая, тиксотропная. Профиль текстурно дифференцирован, КД 1,3; мощность гор. EL ~ 25 см, валовые и подвижные R_2O_3 имеют элювиально-иллювиальное распределение. Очень высокое количество подвижных минерально-гумусовых и гумусовых соединений: в гор. EL 8% гумуса, в BTg – BCg до 13%. Это свойство связано с дефицитом свободных оксидов R_2O_3 по сравнению с большим количеством подвижного гумуса, поступающего в профиль из органогенных горизонтов. Глубина сильнольдистой ММ около 50 см. В низкогорье, особенно в ареалах пятнисто-бугорковых тундр, нередко проявление процессов солифлюкции и оползней, формирующих почвенно-грунтовые образования – педолиты. Их проявление фиксируется при уклонах 5 -20° и более. Горизонтное строение почв нарушается, или они целиком уничтожаются сползанием по мерзлоте к шлейфу склона [4]. Наличие подзолисто-глеевых почв в нижнем горном поясе является инверсией горной зональности. Закономерная тенденция снижения температурного фона с увеличением абс. выс. меняется на обратную: в низкогорье t° июля и среднегодовая выше, чем на равнине, как и сумма активных t° (150 → 470°), длительность безморозного периода (33 → 65 дней). Причина – затекание океанических воздушных масс вверх по долине Канчалана на водораздел и в верховья Амгуэмы. 3. Среднегорье, абс. выс. 700-->800м. Ландшафт каменных многоугольников с характерной сортировкой каменистого материала на поверхности, или «структурные грунты». Фон – почво-пленки под литофильной флорой. Развитие почв возможно только в «убежищах» от негативных внешних воздействий (ветровой, снежной корразии), лежащих ниже общей каменистой поверхности. Широкие мерзлотные трещины, термокарстовые мелкие западины аккумулируют мелкоземисто-щебнистые продукты выветривания плотных пород благодаря криогенным миграциям. Химические и физические свойства этих рыхлых субстратов определяются свойствами пород и их элювия [5]. Магматические породы (липариты) на плоских вершинах хребта Искатень образуют легкосуглинистый сильнощебнистый субстрат в мерзлотных трещинах, диаметр поверхности 1,5 – 3 м, почвенный профиль по трещине сужается книзу. Элювий по сравнению со свежей породой обогащен оксидами Fe, Mn, Mg при значительной потере Ca. Развиты литоземы серогумусовые криометаморфические [3]. Профиль кислый, содержание гумуса в гор. AU до 6% при его мощности 1 см, иллювиирование гумусо-минеральных соединений до глубины 20 см, режим преимущественно окислительный, гранулометрический и валовой составы не дифференцированы в виду постоянного криогенного перемещения и сортировки субстрата в активном слое. ММ «сухая» на глубине 90 см. Плотные осадочные породы (алевролит) образует на плоских вершинах суглинистый сильнощебнистый элювий, по сравнению со свежей породой имеющий обедненный валовой состав, особенно по Fe и Ca. Рыхлый элювий аккумулируется в мелких (глубина до 15 см) термокарстовых понижениях диаметром 3 – 7м. Почвы – криометаморфические перегнойные потечно-гумусовые надмерзлотно-пльвинные [3]. Признаки оглеения отсутствуют. Переувлажнение выражено от срединных горизонтов и ниже. Вся минеральная толща пропитана подвижными минерально-гумусовыми соединениями (2% гумуса) до льдистой ММ на глубине ~ 120 см.

По гранулометрии профиль не дифференцирован, в валовом составе – слабые различия в содержании компонентов верхних горизонтов в связи с биологическим круговоротом [5].

Таким образом Чукотское нагорье в средней и верхней частях долины Амгуэмы и ее водораздела с р. Канчалан характеризуется следующей высотной последовательностью почвенно-ландшафтных зон. 1)Равнина (днище долины), < 200 -400 м, на суглинках - глееземы торфянисто-перегнойные потечно-многогумусовые криотурбированные, на легких субстратах – подбуры гумусные глеевые; большие площади комплексов полигонально-валиковых болот с торфяно – глеевыми почвами и торфяниками олиготрофными, аллювиальные немерзлотные почвы. Северная и южная субарктическая тундра, кочкарные осоково-пушицевые сообщества, низко – и среднеарктическая тундра по почвенному покрову (ПП) [6]. 2. Низкогорье, 400- 700м, по геогенно-климатогеенным признакам– мозаика подзолисто-глеевых перегнойно-серогумусовых (пологие склоны, повышенная мощность рыхлой толщи) и подзолисто-глеевых торфянисто-перегнойных (крутые склоны, меньшая мощность рыхлой толщи) потечно-многогумусовых криотурбированных почв в связи с выраженным океаническим влиянием. Инверсионная стланиково-южно-гипоарктическая или стланиковая подзона (переход от арктической к бореальной области), сочетание осоково-кустарничково-моховых сообществ на пологих склонах и ольховых рощ – на крутых. По ПП – низкоарктическая подзона (северная часть стланиковой зоны?). 3). Среднегорье, 700-> 800 м. Ландшафт каменных многоугольников, или «структурных грунтов». Фон – почво-пленки под литофильной флорой на каменистых поверхностях; мелкие пятна разных почв по понижениям микро (мезо) рельефа с криогенно аккумулированным скелетным мелкоземом: на элювии магматических пород – литоземы серогумусовые криометаморфические, осадочных пород – криометаморфические перегнойные потечно-гумусовые надмерзлотно-пльвинные. По ПП - среднеарктическая подзона [6].

Литература

1. Баранова Ю.П., Бискэ С.Ф. Северо-Восток СССР. М.: «Наука», 1964. 316 с.
2. Юрцев Б.А. Ботанико-географическая зональность и флористическое районирование Чукотской тундры // Ботанический журнал, 1973, № 7, с. 945 – 964.
3. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск, Ойкумена, 2004. 342 с.
4. Мельников В.П. с соавт. Криогенные геосистемы // Академ. изд-во «Гео», Новосибирск, 2010. 390 с.
5. Караваева Н.А. Почвы и почвенный покров вершин Чукотского нагорья // Геохимия ландшафтов и

- гнография почв. К 100-летию М.А. Глазовской. М.: изд-во АПР РПА, 2012 (в печати).
 6. Горячкин С.В. Почвенный покров Севера. М.: ГЕОС, 2010. 420 с.

УДК 551.481.2 + 571.51

**ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТОРФЯНЫХ ПОЧВ В ДОЛИНЕ р. КЕТА-ИРБО
(ЗАПАДНЫЙ СКЛОН ПЛАТО ПУТОРАНА)**

Л.В. Карпенко

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, e-mail: karp@ksc.krasn.ru

Компонентный состав техногенных выбросов Норильского горно-металлургического комбината (НГМК) является мощным геохимическим фактором, изменяющим и перераспределяющим миграцию химических элементов под влиянием преобладающих ветров, режима атмосферных осадков, удаленности от источников загрязнения, особенностей рельефа и растительности. Миграционные формы металлов достигают наибольшей концентрации в геохимически подчинённых ландшафтах, типичным представителем которых являются болота [1].

Район исследований расположен в Западных отрогах плато Путорана, на границе с низменными озерными равнинами Норильской котловины. Его географические координаты – 68°52' с.ш., 89°45' в.д. Удаленность от НГМК составляет 80 км на юго-восток, по преобладающему направлению дымовых шлейфов. Промышленные смоги, обтекая горные хребты плато Путорана, проникают глубоко внутрь горных систем по долинам рек, впадающих в озеро Кета.

Объектом исследований являлись два болотных массива, расположенных на первой надпойменной террасе р. Кета-Ирбо (правый и левый берег реки), а также болотный мерзлый плоскобугристый комплекс, расположенный в горной тундре на седловине плато Путорана. По классификации [2], почвы долинных болот относятся к торфяным эутрофным, горно-тундровых – к хемоземам торфяным эутрофным.

Все химические анализы образцов торфа на содержание в них тяжелых металлов и серы выполнены в сертифицированной лаборатории Института биофизики СО РАН (г. Красноярск) с использованием метода атомно-абсорбционной спектроскопии.

Визуально каких-либо повреждений и признаков угнетения растительности долинных болот не зафиксировано. Торфяная залежь мерзлых плоскобугристых комплексов, расположенных на седловинах плато Путорана на высоте около 300 м, сильно деградирована. Торф имеет слоистую органо-минеральную структуру, крошится до состояния пыли, характеризуется большим количеством рыжих и белесых пятен на поверхности структурных отдельностей.

Для эколого-геохимической оценки уровня загрязнения торфяных почв медью, никелем, кобальтом и свинцом мы применили ряд сравнительных показателей. Так на данный момент мы не располагаем сведениями о ПДК тяжелых металлов в почвах и торфах исследованной территории, сравнивали их содержание с кларком почв по А.П. Виноградову [3], валовым содержанием микроэлементов в низинных торфяных почвах по В.Н. Крештаповой [4] и фоновым содержанием микроэлементов. В качестве фона послужили концентрации химических элементов в поверхностных горизонтах торфяных почв, расположенных на значительном удалении от источника выбросов (226 км на юго-запад, долина р. Черной, 10 км от г. Игарки). Валовое содержание тяжелых металлов и серы в верхних горизонтах почв в долине р. Кета-Ирбо приведено в таблице 1.

При сравнении кларков содержания микроэлементов в почвах и их концентраций в исследованных торфах оказалось, что содержание тяжелых металлов, кроме меди, не превышает кларк. Как следует из таблицы 1, в торфяных эутрофных почвах превышение меди незначительное, а в хемоземе торфяном эутрофном ее концентрация выше кларка в 3-4 раза.

Сравнение содержания меди, кобальта, никеля и свинца исследуемых почв с данными В.Н. Крештаповой показало, что в торфяных эутрофных почвах отмечается небольшое превышение концентраций только по меди (от 1,6 до 4,0 раз) и никелю (1,1-2,6 раз). В хемоземе торфяном эутрофном превышения концентраций выявлены по всем четырем элементам: по меди – в 8-12 раз, никелю – в 4-5 раз, кобальту – в 4-8 раз, свинцу – в 2-4 раза.

Таблица 1

**Валовое содержание тяжелых металлов и серы в верхних горизонтах торфяных почв долины
р. Кета-Ирбо, мг/кг**

Гидроморфные комплексы	Образец	Глубина, см	Cu	Ni	Co	Pb	S
Кларки почв (по А.П. Виноградову, 1957)			20	40	8	10	850
Валовое содержание микроэлементов по В.Н. Крештаповой (1991)			7,5	7,0	1,3	2,3	–
Фон			2,1	6,2	0,7	3,7	1728
Правый берег, торфяная эутрофная почва							
Евтрофное болото	Торф	0-25	23,6	18,4	0,9	0,021	4830
		25-50	30,2	8,3	0,6	0,004	4020
Левый берег, торфяная эутрофная почва							
Мезо-евтрофное болото	Торф	0-25	12,4	6,2	0,6	0,006	2340
		25-50	25,5	6,0	0,8	0,003	3670
Горная тундра, хемозем торфяный эутрофный							

Мезо-эвтрофное болото	Дернина	0-10	60,4	35,6	4,9	7,8	3919
		10-20	85,1	28,0	10,1	0,4	3123
		20-30	86,7	24,6	8,9	2,9	3338
	Торф	30-40	64,6	27,6	9,4	9,6	2103

Для определения степени загрязнения подстилки и верхних горизонтов исследованных почв сравнили их с фоновыми концентрациями. В качестве показателя использовали коэффициент концентрации загрязнения (ККЗ), который вычисляется по формуле:

$$ККЗ_i = x_i / x_{\phi}$$

где ККЗ_i – коэффициент концентрации загрязнения для i-го вещества; x_i – содержание i-го загрязняющего вещества; x_φ – фоновое содержание этого вещества.

Оказалось, что торфяные эвтрофные почвы отличаются довольно значительным превышением фона по меди (ККЗ варьирует от 5 до 15) и незначительным по никелю – (ККЗ равен 3). В хемоземе торфяном эвтрофном отмечено превышение фоновых концентраций по всем исследуемым элементам. Особенно оно велико по меди (ККЗ 28-41), по другим элементам ККЗ ниже и равен, соответственно, по никелю – 4-5, кобальту – 7-14, свинцу – 2.

Следующим показателем, который использовался для эколого-геохимической оценки торфяных почв долины р. Кета-Ирбо, являлся показатель загрязнения (Zc), характеризующий степень загрязнения ассоциацией элементов относительно фона. Он рассчитывался по формуле:

$$Zc = \sum Kc - (n-1),$$

где Kc – коэффициент техногенной концентрации больше 1, n – число элементов с Kc > 1.

Результаты расчетов представлены в таблице 2, из которой следует, что торфяные эвтрофные почвы являются незагрязненными, а хемозем торфяный эвтрофный, согласно шкале оценки, относится к высокому, опасному уровню.

В загрязнении болот, как и всей природы северной тайги и лесотундры Красноярского края, большую роль играют выбросы НГМК оксидов и диоксидов серы. По данным [5], диоксид серы составляет около 95% отходящих газов предприятий комбината.

Расчеты показали, что поверхностные горизонты торфяных эвтрофных почв по содержанию серы превышают кларк почв в 2,7-5,0 раз, а хемозем торфяный эвтрофный – в 4,7 раз.

Превышение концентраций серы в исследованных почвах над фоном оказалось также небольшим и составило 2,7-1,3 раз в почвах долинных болот и 2,6 – в горно-тундровых

Таблица 2

Шкала оценки аэрогенных очагов загрязнения почв тяжелыми металлами и суммарные показатели загрязнения (Zc) верхних горизонтов торфяных почв в долине р. Кета-Ирбо

Шкала оценки		Почва					
		Торфяная эвтрофная			Хемозем торфяный эвтрофный		
Уровень загрязнения	Zc	Глубина, см	Zc почв	Уровень загрязнения	Глубина, см	Zc почв	Уровень загрязнения
Средний, умеренно опасный	16-32	0-25	12,9	Не загрязнен	0-10	40,5	Высокий, опасный
Высокий, опасный	32-128	25-50	15,3	Не загрязнен	10-20	61,0	-«-
Очень высокий, чрезвычайно опасный	>128	–	–	–	20-30	55,8	-«-
					30-40	48,1	-«-

Необходимо отметить, что в последних концентрация серы вниз по профилю заметно снижается и уже на глубине 50 см близка фону.

В заключение необходимо отметить, что торфяные залежи являются активными геохимическими барьерами. Гумусовые кислоты органического вещества торфяных почв, особенно поверхностных горизонтов, в условиях кислой реакции среды образуют комплексы почти со всеми поступающими в них загрязняющими веществами. Эколого-геохимический анализ исследованных торфяных почв свидетельствует о том, что верхние горизонты почв долинных болот по количественному уровню содержания тяжелых металлов загрязнены значительно меньше, чем аналогичные горизонты горно-тундровых болот. На наш взгляд, это связано с различным геоморфологическим залеганием болот по рельефу и их разным гидротермическим режимом.

Термокарстовые болота, расположенные в долине р. Кета-Ирбо, являются проточными. Кроме того, в летний период их торфяная залежь оттаивает на всю глубину профиля. Поэтому, вероятно, часть загрязняющих элементов мигрирует с водами тающей мерзлоты и грунтовыми потоками за пределы болотных массивов. Высокий уровень загрязнения дернины и верхнего горизонта почв горно-тундрового болота медью, никелем и кобальтом объясняется тем, что наветренные склоны гор служат барьером по отношению к воздушным массам, в результате чего происходит локальное накопление этих элементов в почве. Кроме того, высокая концентрация исследованных техногенных элементов в почве горно-тундрового болота может быть связана с его непромывным водным режимом и нахождением почти круглый год в мерзлом состоянии, что исключает вероятность выноса загрязняющих веществ за пределы торфяной толщи.

Литература

1. Крючков В.В. Закономерности изменения экосистем Севера при его хозяйственном освоении // Экология. 1983. № 6. С. 65-67.
2. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена. 2004. 342 с.
3. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: Изд-во АН СССР. 1957. 238 с.
4. Крештапова В.Н. Агрогеохимия торфяных почв Нечерноземной зоны Европейской части РСФСР // Автореф. дис. ...д-ра с.-х.н. М. 1991. 44 с.
5. Сыроечковский Е.Е., Куваев В.Б. и др. Большой Арктический заповедник // Заповедники России. Заповедники Сибири. М.: Логата. 2000. С. 56-81.

УДК 631.4

ПРИМЕНИМОСТЬ 1Н HNO₃ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ПОЧВ

М.М. Карпунин, Д.В. Ладонин

ф-т почвоведения МГУ, Москва, e-mail: kmt82@yandex.ru

1 н. HNO₃ вытяжка была рекомендована Я.В. Пейве и Г.Я. Ринькисом для извлечения из некарбонатных и малокарбонатных почв Нечерноземной зоны России «подвижных» форм соединений кобальта, а 1 н. HCl – меди [1]. Дальнейшие исследования показали, что обе вытяжки не только практически равноценны по степени извлечения из почвы кобальта и меди, но и подходят для большого набора элементов. Считается, что 1 н. азотная кислота растворяет такие соединения тяжелых металлов (ТМ) техногенного происхождения, как оксиды и сульфиды. Именно в виде этих соединений ТМ поступают в почву в зоне воздействия газо-пылевых выбросов промышленных предприятий и транспорта. При высоком уровне загрязнения в 1 н. HNO₃ вытяжку может переходить до 90-95% от валового содержания ТМ в почве. Применение данного экстрагирующего раствора должно выявлять загрязнение почв ТМ, которое потенциально опасно, т.е. извлекать не только легкоподвижные соединения ТМ, но и запас более прочно связанных с почвой соединений, которые, претерпевая химические превращения, могут поступать в окружающую среду.

В нашей работе мы попытались выяснить, какие же формы соединений ТМ извлекает 1 н. HNO₃ вытяжка из почвы. Для этого был поставлен модельный эксперимент. Объектами исследования выступали образцы гумусовых горизонтов двух почв: дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почвы и чернозема выщелоченного среднесуглинистого.

Таблица 1

Некоторые химические свойства горизонтов А дерново-подзолистой почвы и чернозема выщелоченного

Почва	С орг., %	pH _{H2O}	ЕКО _{станд.} , ммоль(+)/100 г	Fe по Тамму, %
Дерново-подзолистая	1,71	5,42	9,17	1,25
Чернозем выщелоченный	5,48	5,82	38,50	2,74

В почвы были внесены Ni, Zn, Cu, Pb в форме легкорастворимых солей либо оксидов этих металлов в концентрациях: 4 г/кг; 0,4 г/кг и 0,04 г/кг. Модельный эксперимент продолжался полгода [2].

С целью установления форм соединений ТМ, присутствовавших в почве после окончания модельного эксперимента, была использована методика фракционирования BCR (табл.2), разработанная Бюро эталонов Европейского Союза.

Таблица 2

Схема фракционирования по методике BCR

№	Название фракции	Экстрагенты
1	Кислоторастворимая (наименее прочно связанная с почвенными компонентами часть ТМ)	0,11 М CH ₃ COOH, pH 3
2	Восстанавливаемая (связанная с гидроксидами и оксидами Fe и Mn)	0,1 М NH ₂ OH-HCl в 25% CH ₃ COOH
3	Окисляемая (связанная с органическим веществом)	27% H ₂ O ₂ + 1М CH ₃ COONH ₄
4	Остаточная (связанная с алюмосиликатами)	H ₂ O ₂ + HNO ₃

В ходе анализа полученных результатов мы не будем останавливаться на фракционной картине извлечения ТМ методом BCR, а сравним извлечение металлов из почвы обоими методами. Предполагается, что в 1 н. HNO₃ вытяжку должны переходить ионы ТМ, попавшие в почву при загрязнении, в том числе и слабоподвижные, т.е. достаточно прочно связанные [3, 4]. Таким образом, стоит предположить, что суммарное количество ТМ, извлекаемое из почвы по методу BCR, за исключением остаточной фракции, должно соответствовать количеству ТМ, извлекаемых 1 н. HNO₃ вытяжкой.

Исходя из наших данных (табл. 3), мы видим, что такая картина в общих чертах наблюдается только для цинка во всех вариантах опыта, с натяжкой можно сказать, что и для меди в дерново-подзолистой почве мы имеем схожие результаты. Свинца по методу BCR извлекается в среднем треть от внесенного количества, в то время как 1н HNO₃ извлекает около 90-100% внесенного свинца во всех вариантах опыта.

Доля извлечения ТМ из почв, в процентах от внесенного количества в зависимости от варианта эксперимента

Варианты опыта		Элемент	Вносимая доза, мг/кг	Доля извлеченного металла, %		Элемент	Доля извлеченного металла, %	
				1н HNO ₃	BCR		1н HNO ₃	BCR
д/п	нитрат	Zn	40	45,4	60,8	Pb	100,0	25,2
			400	53,5	58,6		96,7	40,7
			4000	86,1	87,1		100,0	28,1
	оксид		40	41,8	63,2		91,2	22,8
			400	53,5	68,0		85,9	16,1
			4000	70,9	85,6		99,3	33,0
чернозем	нитрат	40	75,9	75,5	90,5	14,5		
		400	71,5	97,9	88,1	23,6		
		4000	94,9	100,0	94,4	35,6		
	оксид	40	73,2	100,0	99,6	16,0		
		400	63,0	65,3	90,3	22,8		
		4000	93,0	75,0	96,1	35,7		
д/п	нитрат	Cu	40	69,8	60,3	Ni	92,9	64,3
			400	61,1	72,2		99,9	66,2
			4000	61,2	76,6		100,0	64,9
	оксид		40	22,9	16,2		2,7	7,5
			400	22,5	21,2		0,9	0,8
			4000	15,4	15,9		0,4	0,3
чернозем	нитрат	40	65,4	52,2	100,0	88,1		
		400	60,5	39,7	100,0	75,5		
		4000	59,4	52,6	99,8	66,8		
	оксид	40	41,4	40,4	2,7	19,6		
		400	32,7	24,1	3,5	2,3		
		4000	19,5	17,7	0,5	0,7		

Такая же картина наблюдается и для никеля, в вариантах с внесением его в форме нитрата в почву, т.е. кислота извлекает весь внесенный никель, а метод BCR – только 60-70% от внесенного количества.

Наибольший интерес представляют результаты извлечения меди и никеля, внесенных в почву в форме оксидов. Для обоих методов результаты практически совпадают. При этом видно, что меди извлекается 15-40% от внесенной в почву, в то время как в варианте с внесением меди в форме нитратов ее извлекалось 60-70%. Такая же зависимость повторяется и для никеля, только здесь результаты еще более контрастны, в варианте внесения никеля в форме оксида его извлекается из почвы 1н HNO₃ до 3,5%, в то время как внесенного в виде нитратов – до 100%. Существует несколько возможных причин объяснения полученных результатов для каждого элемента.

Сосредоточение меди в остаточной фракции, по-видимому, вызвано слабым растворением CuO. Такое предположение подкрепляется тем фактом, что оксид меди обладает наименьшим произведением растворимости (ПР) из всех исследуемых ТМ и, следовательно, растворим хуже всего.

Таблица 4

Растворимость оксидов ТМ [5]

Элемент	Реакция	рПР
Ni	$NiO(т) + 7H_2O \leftrightarrow [Ni(H_2O)_6]^{2+} + 2OH^-$	15,77
Cu	$CuO(т) + 5H_2O \leftrightarrow [Cu(H_2O)_4]^{2+} + 2OH^-$	20,32
Zn	$ZnO(т) + 5H_2O \leftrightarrow [Zn(H_2O)_4]^{2+} + 2OH^-$	16,66
Pb	$PbO(т) + 4H_2O \leftrightarrow [Pb(H_2O)_3]^{2+} + 2OH^-$	15,42

Казалось бы слабое извлечение никеля из почвы по обоим методам также должно быть связано с малой растворимостью оксидов никеля, но это не так. Термодинамическое произведение растворимости NiO (табл. 4) практически совпадает с ПР PbO, дающего совершенно другие результаты. К такому же выводу относительно растворимости NiO мы приходим, если сравнивать энергии Гиббса растворения оксидов (табл. 5).

Возможно, причина слабого извлечения никеля кроется в том, что реальная растворимость NiO может существенно отличаться от табличного значения, в том числе и потому, что её трудно рассчитать, т.к. монооксид никеля представляет собой нестехиометрическое кристаллическое соединение вида NiO_x, где x≈1, существующее в α и β-формах, различающихся по строению кристаллической решетки и некоторым физико-химическим свойствам.

Энергии Гиббса реакций растворения оксидов ТМ [5]

Элемент	Реакция	G, кДж/моль
Ni	$\text{NiO} + 2\text{H}^+ = \text{Ni}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$	- 89,8
Cu	$\text{CuO} + 2\text{H}^+ = \text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$	- 42,6
Zn	$\text{ZnO} + 2\text{H}^+ = \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$	- 63,7
Pb	$\text{PbO} + 2\text{H}^+ = \text{Pb}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$	- 72,3

Другой причиной может быть образование $\alpha\text{-Ni}(\text{OH})_2$ и/или Ni/Al слоистых двойных гидроксидов (СДГ), скорость образования и устойчивость которых в почве очень высока [6]. При внесении никеля в форме оксидов образование этих соединений протекает особенно быстро, так как первой его стадией является их гидратация.

Итак, по данным модельного эксперимента можно заключить, что ни один из двух методов извлечения ТМ из почвы не является универсальным для всех ТМ. Так, 1н HNO_3 можно рекомендовать для извлечения из почвы техногенных соединений Pb и Zn, в то время как Cu и Ni, попадающие в почву в виде оксидов, слабо подвержены извлечению 1н HNO_3 , хотя известно, что в условиях техногенного загрязнения большое количество ТМ попадает в почву именно в этой форме. Безусловно, эта форма соединения является опасным источником ионов ТМ для растений и почвенной фауны, т.к. растворение оксидов может существенно ускориться под действием изменяющихся условий окружающей среды. Нельзя рекомендовать 1н HNO_3 , как единственную универсальную вытяжку для извлечения из почвы любых ТМ, поступивших в результате загрязнения, т.к. не все техногенные формы соединений или продукты их трансформации данная вытяжка может разрушить и перевести в раствор. При почвенно-экологическом мониторинге не стоит отказываться от трудоемкого, но надежного метода определения валового содержания ТМ, а также от определения фракционного состава соединений ТМ методами последовательных селективных вытяжек. Совместное использование разных методов позволяет получить более объективную картину поведения в почве техногенных соединений ТМ.

Литература

1. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами // Москва, Гидрометеоздат, 1981.
2. Ладонин Д.В., Карпухин М.М. Фракционный состав соединений никеля, меди, цинка и свинца в почвах, загрязненных оксидами и растворимыми солями металлов // Почвоведение, №8, 2011, с. 953-965.
3. Ильин В.Б. Оценка существующих экологических нормативов содержания тяжелых металлов в почве // Агрохимия, № 9, 2000, с. 74-79.
4. Коршиков А.А., Безгина Ю.А. Проблемы нормирования содержания тяжелых металлов в почвах и растениях // Защита и карантин растений, Ставрополь, 2003, с. 128-132.
5. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. М., Химия, 1971 г, с. 456.
6. Scheckel K.G., Scheinost A.C., Ford, R.G., Sparks, D.L. Stability of layered Ni hydroxide surface precipitates-a dissolution kinetics study // Geochimica et Cosmochimica Acta, 2000, V. 64 (16), p.2727-2735.

УДК 911.2:631.4

ТИПОМОРФНЫЙ КОМПЛЕКС ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЛАГУННО-МАРШЕВЫХ ЛАНДШАФТАХ ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ

М.С. Касатенкова, Н.С. Касимов, М.Ю. Лычагин

Географический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, e-mail: kasatenkova2010@yandex.ru

Геохимическая трансформация прибрежных почв при подъеме уровня моря связана со сложным сочетанием ландшафтно-геохимических и эпигенетических процессов, которые были проанализированы в плане их стадийности, количественной выраженности и скорости протекания при изучении лагунно-маршевых ландшафтов участка «Турали» (побережье Дагестана) [1]. Для описания и объяснения поведения веществ в прибрежных ландшафтах использовались представления М.А.Глазовской [2] о ландшафтно-геохимических процессах (ЛПП) как совокупности биогеохимических и физико-химических явлений, сопровождающихся пространственной дифференциацией химических элементов. В прибрежной зоне протекают главным образом гидрогенные и биогенные ЛПП с преобладанием водной и биогенной миграции, с нахождением элементов преимущественно в миграционно-активных, подвижных формах (сульфидогенез, глеегенез, гумусонакопление, оксидогенез, галогенез).

При изучении геохимических изменений, связанных с подъемом уровня моря, в почвах и отложениях лагунно-маршевых ландшафтов на ключевых участках Западного Прикаспия (Апшеронский п-ов, Кура-Араксинская и Ленкоранская низменности) было выявлено, что затопление и подтопление почв также ведет к возникновению ряда ЛПП, и можно выделить типоморфный комплекс геохимических процессов, характерных для лагунно-маршевых ландшафтов западного побережья Каспийского моря.

Одним из основных ЛПП в аридных областях является галогенез. При подъеме уровня моря в результате затопления и подтопления прибрежных ландшафтов солеными морскими водами происходит накопление

легкорастворимых солей в почвах и отложениях. Особенно ярко галогенез проявляется в субаридных и аридных прибрежных ландшафтах полупустынь (участки «Турали» и Апшеронский п-ов) и сухих субтропиков (Кура-Араксинская низменность), где испаряемость превышает количество осадков и возможна испарительная концентрация природных растворов. Во влажных субтропиках в пределах Ленкоранской низменности данный процесс выражен слабо.

Ведущим ЛГП, влияющим на дифференциацию химических элементов в ландшафтах лагунных берегов Каспийского моря, является *сульфидогенез*. В почвах и отложениях прибрежных ландшафтов протекает процесс гетеротрофной сульфатредукции с окислением органического вещества, в результате которого происходит образование сульфидов. Таким образом, основными факторами, определяющими интенсивность протекания сульфидогенеза в прибрежных ландшафтах, являются количество органического вещества в почвах и сульфатов в поверхностных и грунтовых водах. Наиболее интенсивно данный процесс протекает на участке «Турали» и Ленкоранской низменности, что связано с большой продуктивностью растительных ассоциаций. По значениям Eh, интенсивности окраски и запаху сероводорода можно выделить несколько стадий развития сульфидогенеза в прибрежных ландшафтах.

Процессы *оксидогенеза* в прибрежных ландшафтах лагунных берегов связаны с окислением сульфидов в верхних горизонтах маршевых почв и накоплением гидроксидов железа и других металлов. Оксиды железа при осаждении образуют такие минералы, как ферригидрит и гидрогетит, которые придают охристую, оранжевую и кирпично-красную окраску ожелезненному горизонту (Ofe).

В результате развития лугово-болотной растительности в пределах лагунно-маршевых ландшафтов при подъеме уровня моря произошло усиление процесса *гумусонакопления* в прибрежных почвах. Содержание гумуса во влажно-луговых и маршевых сульфидных почвах по сравнению со слабо развитыми субаэральными песчаными почвами увеличилось в 3-4 раза.

Степень проявления и интенсивность развития ЛГП различаются на изученных участках западного побережья Каспия. Биогеохимическое окисление двухвалентного железа наиболее ярко проявляется на участке «Турали», где мощность сформировавшегося ожелезненного горизонта может достигать 1-3 см. На интенсивность протекания оксидогенеза указывают значения коэффициента накопления железа Ka в горизонте Ofe, которые снижаются от 7,2 до 1,3 по направлению от участка «Турали» до Кура-Араксинской низменности.

Содержание валового железа в горизонте Ofe возрастает в 7,2 раза по сравнению с его содержанием в песчаных пляжевых отложениях. На остальных участках интенсивность оксидогенеза меньше и мощность ожелезненных горизонтов не превышает 1 см.

По интенсивности развития галогенеза в прибрежных ландшафтах Кура-Араксинской низменности можно выделить две зоны. Первая – это болотные и солончаковые ландшафты, где минерализация почвенных растворов составляет 2-6 г/л. Вторая зона – это донные отложения лагуны с большей минерализацией (до 10 г/л). В лагунных водах этого района по сравнению с лагуной участка «Турали» увеличивается доля хлоридов, поэтому тип засоления донных отложений становится сульфатно-хлоридным.

В маршевой зоне прибрежной катены Кура-Араксинской низменности установлены две стадии эволюции сульфидогенеза. В донных гидротроилитовых отложениях лагуны Eh опускается до -320 мВ. В маршевых отложениях возникает ярко выраженная слоистость, чередование пляжевых осадков с темно-серыми сульфидными песчаными отложениями, что связано с динамическим состоянием лагуны (затопление-осушение), с намывом и золовым перевеванием незакрепленных пляжевых отложений. Процесс гумусонакопления в приморских солончаках выражен слабо, содержание гумуса составляет менее 1%. В почвах болотных ландшафтов его интенсивность возрастает: содержание гумуса здесь до 3-4%.

На Ленкоранской низменности в условиях влажных субтропиков происходят в основном процессы рассоления почв луговых ландшафтов. Грунтовые воды преимущественно слабо минерализованы и имеют гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридный состав. Только в болотных и лагунных ландшафтах происходит накопление легкорастворимых солей (до 3 г/л). Самыми низкими значениями Eh и наибольшей мощностью сульфидизированных отложений (до 30-40 см) на ленкоранском побережье характеризуются современные лагунные отложения. В болотных и луговых ландшафтах происходит постепенное понижение уровня грунтовых вод, что способствует повышению Eh и формированию переходных сульфидно-глеевых горизонтов во влажно-луговых и маршевых почвах.

Процесс оксидогенеза на ленкоранском побережье выражен слабо, поэтому ожелезненный горизонт для маршевых почв этого района не характерен.

Гумусонакопление в этой части Прикаспия протекает весьма интенсивно: даже в слабо развитых гидроморфных почвах содержание гумуса составляет около 3%, а в прибрежных болотных ландшафтах оно повышается до 5-9% (иногда до 12-14%). Это объясняется высокой продуктивностью растительных сообществ в условиях влажных субтропиков.

В прибрежных ландшафтах Апшеронского полуострова наиболее ярко выражен процесс галогенеза: содержание солей в почвах и отложениях может достигать 90 г/л.

Эволюция сульфидогенеза здесь также включает три стадии. Первая стадия характерна для донных отложений лагуны, где господство восстановительных условий и присутствие сульфатов морской воды приводит к понижению Eh до -200 мВ и образованию гидротроилита. Вторая стадия проявляется в маршевой зоне, где формируются маршевые слоистые почвы и сульфидно-глеевые слоистые приморские солончаки. В результате штормовых нагонов происходит переслаивание сульфидных горизонтов со свежими песчаными наносами. В луговых ландшафтах в глеево-сульфидных горизонтах влажно-луговых почв развивается третья стадия сульфидогенеза.

Процесс оксидогенеза на этом участке побережья выражен слабо: мощность ожелезненного горизонта в маршевых сульфидных почвах в среднем всего 0,3 см, при этом валовое содержание Fe возрастает в 1,7 раза относительно пляжевого фона.

Условия гумусонакопления на апшеронском побережье близки к наблюдаемым на участке «Турали». В слабо развитых гидроморфных почвах, формирующихся на современной морской террасе, содержание гумуса низкое, а в маршевых почвах болотных ландшафтов оно составляет до 3-4 %.

Таким образом, направленность и интенсивность ЛГП в лагунно-маршевых ландшафтах на разных участках западного побережья Каспия определяются биоклиматическими и гидрогеохимическими факторами (рис.1). На Апшеронском полуострове и Кура-Араксинской низменности в условиях сухих субтропиков интенсивно протекает процесс галогенеза, приводящий к увеличению минерализации почвенных растворов до 90 г/л. На Ленкоранской низменности в зоне влажных субтропиков интенсивно протекают процессы гумусонакопления (до 14 % в маршевых сульфидных почвах) и сульфидогенеза. На дагестанском побережье (участок «Турали») в зоне полупустынь умеренного пояса наиболее ярко проявляется оксидогенез, увеличивающий валовое содержание Fe в верхних горизонтах маршевых почв в 7 раз.

Участок	Галогенез		Сульфидогенез		Оксидогенез		Гумусонакопление	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Турали	■	■	■	■	■		■	
Апшеронский п-ов	■	■	■	■	■		■	
Кура-Араксинская низм.	■	■	■	■	■		■	
Ленкоранская низм.	■	■	■	■			■	

Ландшафты
 ■ - супераквальные (1)
 ■ - субаквальные (2)

Рисунок 1 - Ландшафтно-геохимические процессы на западном побережье Каспия

Литература

1. Касимов Н.С., Геннадиев А.Н., Лычагин М.Ю., Крооненберг С.Б., Кучеряева В.В. Геохимические изменения прибрежных почв Центрального Дагестана при подъеме уровня Каспийского моря.// Почвоведение. 2000. №1.С. 16-27.
2. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа. 1988. 324 с.

УДК 631.82

ПРОДУКТИВНОСТЬ ФИТОЦЕНОЗОВ ЛУГОВЫХ ЛАНДШАФТОВ ДЕЛЬТЫ РЕКИ СЕЛЕНГИ И НАКОПЛЕНИЕ В НИХ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

В.К. Кашин, С.Б. Сосорова

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, e-mail: vladkashin2008@rambler.ru

Поймы и дельты рек – это особые типы ландшафтов, резко отличающиеся от окружающих их ландшафтов водораздельных территорий. Главными причинами их самобытности являются периодические затопления паводковыми водами (поемность) и отложение на поверхности песчаных и илистых осадков (аллювиальность).

Дельта р. Селенги (площадь 1120 км²) представляет собой весьма важный участок для всей экосистемы оз. Байкал. Это определяется тем, что: 1) через нее проходит 50 % среднего годового стока речных вод в озеро, 2) экосистемы дельты являются своеобразным «биологическим фильтром», в значительной мере очищающим воду р. Селенги от различных примесей, в том числе и от тяжелых металлов. Кроме того, дельта р. Селенги, несмотря на то, что относится к зоне особого режима природопользования, является объектом интенсивного сельскохозяйственного использования, имеющим большое значение в экономике Кабанского района Республики Бурятия. Здесь осуществляется сенокос, выпас скота, часть болот осушена для выращивания трав.

Исследования проводили в 2001–2005 гг. Ключевые пробные площадки (14) закладывали на типичных участках луговых ландшафтов дельты. Пробы почв и растений отбирали в период наибольшей биопродуктивности (массового цветения растений-доминантов). Продуктивность надземной массы луговых фитоценозов изменялась в пределах 240–924 г/м² воздушно-сухого вещества (среднее 442 ± 52 г/м²), коэффициент вариации составил 44 %. Такие значительные колебания продуктивности фитоценозов обусловлены особенностями орографических факторов и обеспеченностью почв элементами минерального питания и условиями водоснабжения. Для дельты р. Селенги характерны следующие основные группы экосистем – экосистемы лугово-болотных травянистых сообществ,

периодически затопляемых участков поймы, и экосистемы кустарников и лугов, редко затопляемых участков поймы и надпойменных террас. Вследствие этого наименьшая продуктивность сухой фитомассы (240 ± 11 г/м²) выявлена на пробной площади разнотравного луга второй надпойменной террасы с проективным покрытием 60–65 % на аллювиальной луговой карбонатной почве. Максимальная продуктивность фитомассы (924 ± 43 г/м²) определена на пробной площади высокотравного лугово-болотного разнотравно-хвощевого сообщества с проективным покрытием 95–100 % на аллювиальной торфянисто-глеевой почве. Продуктивность большинства изученных пробных площадей (10 из 14 или 71 %) находится в пределах 250–550 г/м².

Сравнение продуктивности наземной фитомассы луговых ландшафтов дельты р. Селенги с 10-ти балльной шкалой [1] показало следующее: на двух пробных площадях фитоценозы очень малопродуктивные (2 балла), на десяти – малопродуктивные (3, 4 балла), на двух – среднепродуктивные (5, 6 баллов). Таким образом, большинство фитоценозов луговых ландшафтов дельты относятся к малопродуктивным.

Микроэлементы – один из важных факторов жизнедеятельности организмов. Нормальное функционирование организмов осуществляется довольно в узком диапазоне их концентраций. В связи с этим проявляется двойственный характер действия микроэлементов: при недостатке жизненно необходимых элементов – микроэлементозы дефицита, при повышенных концентрациях – микроэлементозы токсичности. Нами изучалось содержание и накопление 7 микроэлементов, относящихся к группе тяжелых металлов. Содержание марганца в луговой растительности изменялось от 18.6 до 168 мг/кг сухой массы (при среднем значении 55.4). Минимальное количество марганца выявлено в разнотравном фитоценозе на аллювиальной луговой карбонатной почве, максимальное – в осоково-хвощево-разнотравном на аллювиальной луговой болотной почве. Содержание цинка в растительности варьировало в пределах 9.6–45.5 (27.0), меди – 2.42–9.62 (4.83), кобальта – 0.01–0.25 мг/кг (0.11). Минимальное содержание этих элементов определено в разнотравно-осоковой растительности на аллювиальной торфянисто-глеевой почве. Максимальная концентрация цинка установлена в разнотравной растительности на аллювиальной луговой болотной почве, меди – в разнотравной растительности на аллювиальной дерновой почве, кобальта – в хвощево-разнотравной растительности на аллювиальной луговой карбонатной почве. Содержание хрома в растительности составляло 0.83–1.91 мг/кг (1.21), минимальное – в разнотравном фитоценозе на аллювиальной слоистой почве, а максимальное – в разнотравно-осоковом на аллювиальной торфянисто-глеевой почве. Никель в растительности содержался в пределах 0.37–2.0 мг/кг (0.83), минимальное количество его определено в разнотравном фитоценозе на аллювиальной дерновой почве, максимальное – в разнотравном сообществе на аллювиальной луговой почве. Содержание свинца в растительности колебалось в диапазоне 0.35–1.06 мг/кг (0.64), минимальное значение отмечено в хвощевой растительности на аллювиальной торфянисто-глеевой почве, максимальное – в разнотравном сообществе на аллювиальной луговой карбонатной почве. Эти данные свидетельствуют о значительной неоднородности естественного геохимического фона в содержании тяжелых металлов в одном из важнейших компонентов ландшафтов – растительности. Они показывают, что такая неоднородность проявляется не только внутри ландшафтных зон, но и в пределах местных геохимических ландшафтов [2].

По среднему содержанию в наземной фитомассе микроэлементы располагаются в следующий убывающий ряд: Mn (55.4) > Zn (27.0) > Cu (4.83) > Cr (1.21) > Ni (0.84) > Pb (0.64) > Co (0.11 мг/кг). Содержание Mn, Zn, Cu, Ni, Pb в луговой растительности в большинстве случаев находится в пределах нормальной обеспеченности для сельскохозяйственных животных. Недостаток в обеспеченности кобальтом выявлен на всех пробных площадях, цинком – на трех, медью – на двух, марганцем – на одной пробной площади. На всех участках содержание хрома в фитомассе луговых фитоценозов превышает максимально допустимый уровень этого элемента в кормах (0.5 мг/кг). Наиболее оптимально обеспечена микроэлементами растительность 4-х луговых сообществ, а самая неблагоприятная ситуация с обеспеченностью фитомассы микроэлементами отмечена на двух пробных площадях.

Средние значения запаса микроэлементов в биомассе луговых фитоценозов на единицу площади и вовлечения их в биогенную миграцию убывают в следующем ряду: Mn (219) > Zn (114) > Cu (19.4) > Cr (5.44) > Ni (3.44) > Pb (2.76) > Co (0.40 г/га). Самым низким запасом всех микроэлементов в фитомассе характеризуются сообщества трех пробных площадей, а наиболее высоким запасом – сообщества двух пробных площадей. Между запасом микроэлементов в растительности и продуктивностью луговых фитоценозов дельты реки Селенги выявлены значимые коэффициенты корреляции, а взаимосвязь между содержанием микроэлементов и продуктивностью фитомассы отсутствует. Для повышения биологической продуктивности почв луговых ландшафтов дельты и эффективного выполнения ими функции «биологического фильтра» необходимо снижение на них нагрузки сельскохозяйственной деятельности (особенно выпаса скота) и оптимизация биологического круговорота кобальта (повышение) и хрома (снижение).

Литература

1. Базилевич Н.И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М.: Наука, 1993. 293 с.
2. Геохимия тяжелых металлов в природных и техногенных ландшафтах. Под ред. М.А. Глазовской. Изд-во МГУ, 1983. 196 с.

ГОМЕОСТАЗ – УСТОЙЧИВОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ И ЭКОСИСТЕМ

А.С. Керженцев

Институт фундаментальных проблем биологии РАН, Пущино, e-mail: Kerzhent@rambler.ru

На рубеже архея и протерозоя произошло резкое понижение температуры атмосферы и океанских вод от 50-60 до 8-10⁰С. Если считать, что на каждые 10⁰С понижения температуры скорость химических и биохимических реакций снижается в 3-4 раза, в данном случае она снизилась в 20 раз. Это резко уменьшило доступность химических элементов до уровня микроэлементов. Главным резервуаром их стала сама биота, сохранившаяся в биохимии клетки реликты геохимии первичной биосферы [1]. Геохимическое истощение биосферы в результате понижения температуры в архее и раннем протерозое, особенно металлами, вовлеченными в биокатализ, вынудило биоту решать проблему тремя путями: 1) образование факультативных и облигатных симбиозов на основе обмена отходами жизнедеятельности; 2) гетеротрофии – поглощения живых организмов с их геохимически богатым содержимым; 3) сапротрофии – деструкции отмершей биомассы с высвобождением минеральных элементов. В результате симбиоза автотрофной, гетеротрофной и сапротрофной биоты образовалась экосистема – автономное природное образование, функционирующее за счет обмена симбионтов отходами жизнедеятельности.

В.А.Ковда [2] в 1968 г. впервые назвал почву незаменимым компонентом биосферы и этим открыл новую третью по счету парадигму науки о почвах. Современная почва имеет три определения, которыми пользуются разные специалисты по своему усмотрению. Для аграриев и экономистов почва – средство производства, для профессиональных почвоведов – биокосное тело природы, продукт переработки геологической породы факторами почвообразования, для экологов – незаменимый компонент экосистемы, биологический реактор, выполняющий важную функцию в ее метаболизме. С позиций функциональной экологии [3] экосистема – симбиотическое сообщество фитоценоза и педоценоза, функционирующее автономно за счет обмена симбионтов отходами жизнедеятельности. В метаболизме экосистемы фитоценоз выполняет функцию анаболизма – ассимиляции минеральных веществ в живую биомассу, а педоценоз выполняет функцию катаболизма – диссимиляции отмершей биомассы в минеральные вещества, необходимые фитоценозу. Устойчивость экосистемы обеспечивается цикличностью метаболизма, замкнутость которого достигает 95-99% экомассы – общей массы экосистемы, включающей биомассу, некромассу и минеральную массу.

Природные экосистемы функционируют в режиме перманентной адаптации к условиям среды, которые изменяются в суточном, годовом и многолетнем циклах, т.е. в динамическом равновесии с локальным сочетанием факторов среды. Такое состояние принято называть гомеостазом.

В цикле метаболизма экосистемы минеральная масса превращается в живую биомассу (функция анаболизма), затем обработавшая ресурс и отмершая биомасса превращается в мертвую некромассу (функция некроболизма), и наконец, отмершая биомасса (некромасса) превращается в минеральную массу (функция катаболизма). Динамическое равновесие обеспечивает стабильность экомассы и ее компонентов. Каждая функция метаболизма состоит из двух противоположных процессов: анаболизм из биосинтеза и экскреций (прижизненных выделений биоты); некроболизм из некроза и возрождения (производство семян, спор, зародышей); катаболизм из минерализации и гумификации (создание стратегического запаса биофильных элементов). Емкость и скорость метаболизма экосистемы контролируется соотношением и динамикой факторов среды. Естественные факторы (свет, тепло и влага) оказывают прямое воздействие на скорость метаболизма и составляющих его функций (анаболизма, некроболизма и катаболизма). Антропогенные факторы оказывают прямое воздействие на структуру экосистемы путем увеличения, уменьшения и трансформация экомассы и ее компонентов (биомассы, некромассы и минермассы).

Стабильные условия среды обеспечивают функционирование экосистемы в оптимальном режиме, когда все биогеохимические реакции и физиологические процессы совершаются соответствии с генетической программой видов, составляющих биоту экосистемы. Это обеспечивает устойчивость экосистемы к стихийным и антропогенным стрессам. При отклонении условий среды от нормы в худшую сторону экосистема функционирует в режиме пессимума, когда биохимические процессы замедляются. При отклонении условий в сторону улучшения, процессы ускоряются и экосистема переходит в режим экстремума. Кратковременные отклонения условий среды сопровождаются флуктуациями параметров экосистемы – количественными изменениями в пределах диагностики данного таксона. Долговременные отклонения сопровождаются метаморфозами – качественными изменениями параметров экосистем, переводящими ее в другой таксон классификации. Эволюционные изменения наступают в результате постепенного накопления новых диагностических признаков, образующих новый таксон классификации.

Стихийные (лесные и степные пожары, обвалы, землетрясения) и антропогенные стрессы (рубка лесов, сенокосение, пастба скота, распашка) изменяют структуру экосистемы. Но после снятия стресса начинается многоступенчатая сукцессия, которая через определенное время возвращает нарушенную структуру на прежний уровень гомеостаза.

Гомеостаз мог бы стать базовым показателем устойчивости экосистем, но для этого он должен измеряться и оцениваться количественно. Экосистема функционирует в динамическом равновесии с конкретным диапазоном факторов среды, поэтому состояние гомеостаза можно измерять и оценивать стабильной величиной общей массы экосистемы – экомассы (ЭМ), которая состоит из биомассы (БМ), некромассы (НМ) и минермассы (ММ). Определить величину экомассы можно на основе традиционных методов измерения параметров экосистемы. Биомасса включает живую массу автотрофной, гетеротрофной и сапротрофной биоты

экосистемы. Некромасса включает массу опада (растительного, животного и микробного), лесной подстилки или степного войлока, и массу гумуса в почвенном профиле. Сложнее измерить минеральную массу (ММ), которая не имеет физического носителя. Она высвобождается почвенной биотой из некротомассы и сразу потребляется растительностью. Довольно значительная часть ММ, поглощенной фитоценозом, возвращается обратно в форме прижизненных выделений биоты (газообразных, жидких и твердых). Другая часть элементов, выделенных педоценозом, но не востребованных фитоценозом, подвергается гумификации и хранится в запасном фонде экосистемы. Третья часть ММ, не подверженная гумификации, мигрирует с внутрисочвенным стоком и выбывает из биологического круговорота в геологический. Однако основная часть ММ, выделенной в процессе катаболизма, усваивается фитоценозом и реализуется в приросте фитомассы. Поэтому массу годового прироста с добавлением потерь в атмосферу, гидросферу и литосферу можно принять в качестве величины ММ. Потери вещества в геологический круговорот определяются с помощью балансовых расчетов. В результате несложных операций можно получить надежный показатель для объективной количественной оценки устойчивости экосистемы – уровень гомеостаза. С его помощью можно контролировать отклонения экосистемы от нормального состояния под влиянием естественных и антропогенных факторов.

Экомасса ельников на подзолах -400 т/га, дубрав на серых лесных почвах - 500, луговых степей на типичных черноземах – 700 т/га. Амплитуда колебаний в пределах 10%.

Литература

1. Федонкин М.А. Роль водорода и металлов в становлении и эволюции метаболических систем. В кн.: Проблемы зарождения и эволюции биосферы. М.: Книжный дом «ЛИБРИКОМ», 2008. 552 с.
3. Ковда В.А. Биосфера и человечество. В кн.: Биосфера и ее ресурсы. М.: Наука, 1971. 312с.
4. Керженцев А.С. Функциональная экология. М.: 2006. 259 с.

УДК 502.654:665.6

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЯНЫМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ НА МИКРООРГАНИЗМЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ПОДДЕРЖАНИИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ

Н.А. Киреева, А.С. Гризориади

Башкирский государственный университет, Уфа, e-mail: vodop@yandex.ru

Глобальное загрязнение окружающей среды нефтяными углеводородами – результат геохимической деятельности человека. Одним из аспектов техногенеза является изъятие и перераспределение химических соединений в экосистемах. Внесение в экологическую систему несвойственных ей соединений даже природного происхождения, к которым относятся нефть, приводит к функциональным нарушениям и снижению продуктивности или даже разрушению экосистемы. Для оценки степени нарушения природной среды используют различные показатели в зависимости от целей мониторинга.

Целью данной работы была оценка биологической активности нефтезагрязненной почвы по микробиологическим параметрам. В качестве индикационных групп микроорганизмов были выбраны целлюлозоразрушающие, азотфиксирующие и олигонитрофильные микроорганизмы, высокая численность которых являются показателями плодородия почвы. Объектами исследования явились серая лесная и торфяно-глеявая почва. Образцы почвы отбирались после загрязнения, а затем через 30 и 90 сут. Содержание нефтяных углеводородов составляло 4-8% масс.

Целлюлозоразрушающие микроорганизмы играют важную роль в разложении растительных остатков в почве, поэтому изменения их численности может прямо отразиться на состоянии почвы. Также целлюлозолитики, являются чувствительной группой микроорганизмов к воздействию нефтяных углеводородов [1]. В образцах серой лесной почвы загрязнение оказало сильное ингибирующее влияние на целлюлозолитики, их численность снизилась на порядок через 30 суток инкубации. Причинами такого снижения могут быть как прямое токсическое действие углеводородов, так и низкое содержание подвижных соединений азота, неблагоприятный водно-воздушный режим [2].

Изменение численность целлюлозолитических микроорганизмов торфяно-глеявой почвы при загрязнении нефтяными углеводородами происходило аналогично серой лесной почве.

Результаты согласуются с данными С.М. Самосовой с соавт. [3] о том, что развитие целлюлозолитических микроорганизмов подавляется при дозах нефти выше 1% от веса почвы. Однако в данном случае численность данной группы организмов подавлялась и 1% нефти в почве (рис.).

Важным показателем плодородия почв является численность азотфиксирующих и олигонитрофильных микроорганизмов, которые превращают азотсодержащие соединения в доступные для растений формы. Изучение динамики развития данной группы микроорганизмов важно при оценке степени влияния нефти и биопрепаратов, т.к. конечной целью рекультивации является возврат загрязненных почв к полноценному их использованию.

Свежее загрязнение создало экстремальные условия (резкое увеличение концентрации углеводородов) для почвенной микробиоты. В результате было отмечено снижение численности азотфиксирующих бактерий в образцах серой лесной почвы, связанное, вероятно, со стрессовыми условиями. Очевидна прямая зависимость выживаемости азотобактера от концентрации загрязнителя (табл.). Спустя 90 суток с начала эксперимента прослеживалась положительная динамика в отношении численности азотфиксаторов и олигонитрофилов. По данным Н.Н. Терещенко и др. [4] увеличение численности микроорганизмов, фиксирующих азот, оказывает влияние на скорость течения микробной деструкции нефтепродуктов в почве.

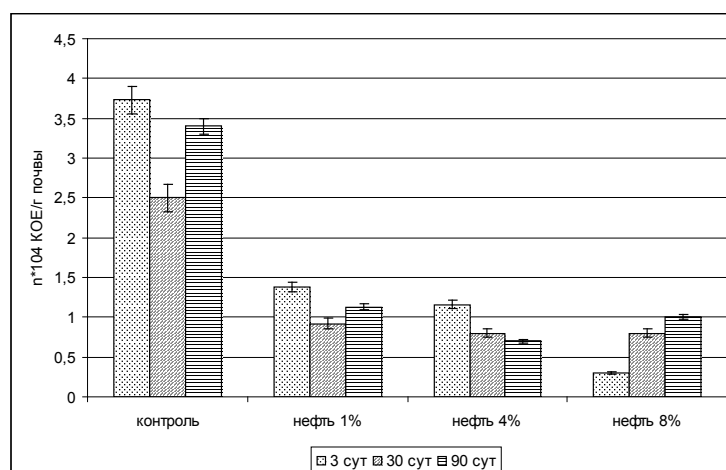


Рис. 1. Изменение численности целлюлозолитиков в серой лесной почве при нефтяном загрязнении

Нефтяное загрязнение торфяно-глеевой почвы лишь при достаточно высокой концентрации загрязнителя (8%) приводило к кратковременному (30 суток) подавлению развития олигонитрофилов и азотфиксаторов. В дальнейшем эта группа бактерий восстанавливала свою представленность в нефтезагрязненной почве, сопоставимую по значениям с показателями, выявленными в фоновой почве.

Таблица 1

Изменение численности азотфиксаторов и олигонитрофилов в серой лесной и торфяно-глеевой почве при нефтяном загрязнении, % обростания

Варианты опытов, % нефти	Время отбора, сут.		
	3	30	90
Торфяно-глеевая почва			
контроль	70,2±4,35	45,1±3,54	30,2±1,61
1%	68,1±2,11	38,3±1,34	29,6±0,86
4%	59,0±2,16	26,2±1,02	25,1±1,10
8%	55,1±2,33	9,4±0,31	72,1±3,33
Серая лесная почва			
контроль	93±0,4	95,6±0,5	89,1±0,5
1%	53,3±0,65	66,7±0,2	88,7±0,6
4%	46,7±1,2	53,3±0,5	62,2±0,7
8%	33,3±0,5	44,5±0,2	51,1±0,5

Таким образом, целлюлозолитические микроорганизмы оказались наиболее уязвимой группой микроорганизмов к действию нефтяных углеводородов, участвующих в формировании плодородия почвы. Азотфиксаторы и олигонитрофилы оказались более устойчивыми к действию небольших концентраций. Почвенная экосистема, безусловно, подвергается изменению, однако адаптивная и деградационная способность микроорганизмов позволяет сохранять плодородие почвы при умеренном уровне загрязнения, которое может наблюдаться на территориях, близлежащих к месту добычи нефти.

Литература

1. Киреева Н.А., Водопьянов В.В., Мифтахова А.М. Биологическая активность нефтезагрязненных почв. Уфа: Гилем. 2001. 376 с.
2. Хазиев Ф.Х., Фатхиев Ф.Ф. Изменение биохимических процессов в почвах при нефтяном загрязнении и активизация разложения нефти // Агрехимия. 1981. №10. С. 102-111.
3. Самосова С.М., Фильченкова В.И., Усачева Г.М., Петрова Л.М., Губайдуллина Т.С.К вопросу о роли микроорганизмов в разложении нефтяного загрязнения почвы // Тез. докл. Всесоюзного симпозиума «Микроорганизмы как компонент биогеоценоза». Алма-Ата. 1982. С. 183-185.
4. Терещенко Н.Н., Лушников С.В., Пышьева Е.В. Биологическая азотфиксация как фактор ускорения микробной деструкции нефтяных углеводородов в почве и способы ее стимулирования // Биотехнология. 2004. № 5. С. 69-79.

УДК 631.5.

ПОЧВЕННО-ЛАНДШАФТНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ АГРОЛАНДШАФТОВ

В.И. Кирюшин

РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва. e-mail: mshapochv@mail.ru

До недавнего времени основой для проектирования систем земледелия, землеустройства, лесохозяйственных, мелиоративных и других мероприятий служили крупномасштабные почвенные карты и составлявшиеся на их основе агропроизводственные группировки почв. К почве относились как к категории, интегрирующей все другие агроэкологические условия («зеркало ландшафта»), которые рассматривались как факторы почвообразования и недооценивались как самостоятельные критерии оценки агроэкологических условий. Нередко почвой подменялась более емкая категория – ландшафт, именуемая на практике «земля». Упомянутые карты и группировки недостаточно отражали структуру почвенного покрова, рельеф, литогенные и гидрологические условия. Практически не учитывались почвенно-ландшафтные связи.

С развитием работ по адаптивно-ландшафтному земледелию значительно возросли требования к землеоценочной основе. Были востребованы достижения ландшафтоведения и, в первую очередь, классификации геохимических ландшафтов и геохимических барьеров, разработанные М.А. Глазовской. Они вошли в систему агроэкологической оценки земель для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

Рассматривая географический ландшафт через призму требований сельскохозяйственных культур к условиям их возделывания, мы определили понятие агроландшафта как геосистемы, выделяемой по совокупности ведущих агроэкологических факторов (определяющих применение тех или иных систем земледелия), функционирование которой происходит в пределах единой цепи миграции вещества и энергии. Таким образом, в пределах сельскохозяйственного ландшафта наряду с урбанизированными, техногенными и другими ландшафтами выделяются агроландшафты, в пределах которых формируется растениеводческая инфраструктура (полевая, пастбищная, садовая и др.). С позиций генетико-морфологической структуры агроландшафт может соответствовать природному ландшафту, местности, урочищу.

Первичная структурная единица агроландшафта включает в себя одну или несколько фаций, составляющих единое целое с точки зрения земледельческого использования. В качестве таковой предложен элементарный ареал агроландшафта, который представляет собой участок на элементе мезорельефа, ограниченный элементарной почвенной структурой (элементарным почвенным ареалом) при одинаковых геологических и микроклиматических условиях.

На этих понятиях основана агроландшафтно-экологическая типология земель для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Верхний уровень ее иерархии представлен агроэкологической группой земель, выделяемой по определяющему агроэкологическому фактору (плакорные, эрозийные, переувлажненные, засоленные, солонцовые, литогенные и др.). Применительно к агроэкологическим группам земель (синоним агроландшафты) разрабатываются адаптивно-ландшафтные системы земледелия. Группы включают агроэкологические типы земель (экологически однородные территории для культуры или группы культур). В пределах групп земель формируются севообороты, сенокосообороты, пастбищеобороты. Агроэкологические группы земель составляют из элементарных ареалов агроландшафта (синоним виды земель), применительно к которым дифференцируют элементы агротехнологий.

Идентификация видов и групп земель осуществляется на основе ГИС агроэкологической оценки земель путем интеграции электронных карт-слоев, отражающих формы и элементы мезорельефа, почвообразующие породы, микроклимат, гидрогеологические условия, микроструктуру почвенного покрова, свойства почв и т.д. ГИС разрабатывается по материалам почвенно-ландшафтного картографирования в масштабе 1:10000 на основе ландшафтно-экологической классификации земель.

Проектирование агроландшафтов начинают с размещения сельскохозяйственных культур. Для этого составляют электронные карты пригодности видов земель для возделывания каждой представляющей рыночной интерес культуры. Процедуру выполняют путем сопоставления банка данных агроэкологических параметров земель (по каждому контуру) с агроэкологическими требованиями культур и сортов. В результате взаимного наложения карт-слоев выявляют агроэкологические типы земель и формируют полевую инфраструктуру, выделяют поля севооборотов и производственные участки. С учетом почвенно-ландшафтных связей и энергомассопереноса формируют противоэрозионную организацию территории, разрабатывают меры по устранению и предотвращению экологических конфликтов и очагов деградации. Проектируют элементы экологического каркаса по экотонам. Дифференцируют размещение культур с учетом мест обитания птиц и полезных насекомых для борьбы с вредителями, для опыления растений. Проектируют микрозаказники. Разрабатывают систему защитного лесоразведения, обосновывают целесообразность или необходимость различных мелиораций. Таким образом проектируются адаптивно-ландшафтные системы земледелия, включающие системы обработки почвы, удобрения и защиты растений. Имеется опыт такого проектирования в различных природно-сельскохозяйственных условиях.

**ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ
ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА БЕЛАРУСИ**

Н.В. Клебанович, М.П. Богданович

Белорусский государственный университет, Минск, e-mail: N_Klebanovich@inbox.ru

Одной из причин недостаточно высокого уровня использования почвенного плодородия в Беларуси является сложность почвенного покрова, что не находит пока достаточного отражения как в производственных технологиях, так и при практическом использовании результатов почвенного картографирования, в частности, при кадастровой оценке сельскохозяйственных земель. Недостаточный учет пестроты почвенного покрова приводит к завышению балла плодородия участка и других оценочных показателей.

Анализ существа проблемы показал, что наиболее значимым критерием выделения структур почвенного покрова (СПП) следует считать однородность их местоположения. Под местоположением СПП понимается участок земной поверхности, обособленный от других участков границами гравигенного, литогенного или гидрогенного происхождения.

Гравигенный фактор обуславливает дифференциацию местоположений относительно нисходящих по земной поверхности и в ее ближайшей окрестности потоков вещества и энергии. Границами фаций при этом выступают структурные линии рельефа (гребневые и килевые линии, линии выпуклых и вогнутых перегибов, морфоизографы). Гравигенный фактор контролирует кинематические параметры литодинамических потоков – вынос-аккумуляцию, рассеяние-концентрацию, ускорение-замедление, определяя геоморфологические условия ландшафтогенеза. В зависимости от этих условий формируются элювиальные, элювиально-аккумулятивные, трансэлювиальные, трансаккумулятивные и другие фации.

Важнейшим фактором обособления фаций является также литологическая неоднородность местоположений, как первичная, унаследованная от прошлых процессов морфолитогенеза, так и вторичная – результат деятельности современных литогенетических процессов.

Все уровни организации почвенного покрова входят в две системы – систему структуры почвенного покрова и систему зонально-провинциального строения почвенного покрова, которые связаны между собой, но единую иерархию уровней организации не образуют [1].

Нами за исходный уровень пространственной организации почвенного покрова взято понятие «элементарная микроструктура склона» (ЭМС) [2]. Элементарная микроструктура склона представляет собой пространственную единицу почвенного покрова простого склона или его сегмента, состоящего из двух почв-компонентов, преимущественно с однонаправленным изменением свойств, определяемых одним из факторов разделяющих их в пределах почвенного ряда. Обязательное постепенное изменение свойств почв, позволяющее выделить границу внутри ЭМС, может быть вызвано любым из факторов, но, главным образом, в пределах одного почвообразовательного ряда – гидроморфного, эрозийного, солонцового и т.д.

Существенное повышение точности карт возможно при использовании концепции потоков, которая довольно точно отражает реальные природные связи между почвенными разновидностями. Как правило, перемещение веществ и энергии происходит в соответствии с гравитационными потоками, что формирует связи между соседними почвенными таксонами и, в конечном счете, определяет характер структуры почвенного покрова в целом.

На современном этапе, когда произошло увеличение покрытия территории цифровыми данными (о рельефе и почвах) и существует необходимость упрощения и ускорения получения обобщенной (генерализированной) информации, подобные работы должны реализовываться в цифровой среде, с использованием автоматического подхода, что позволит добиться стандартизации подходов выполнения генерализации.

Ключевым нерешенным вопросом использования автоматического подхода при картографировании СПП является отсутствие четкого определения требований к границе почвенной структуры и её проведению на местности и карте (границы СПП не обязаны привязываться к границам почвенных контуров), особенно между границами структур разного генезиса. При «вертикальном» анализе – группировке почв по степени схожести тех или иных свойств почв (например, агропроизводственная группировка почв) – границами являются границы контуров почвенных разновидностей. При «горизонтальном» анализе необходимо определение характера взаимосвязи почвенных контуров между собой на местности, связь положения на местности с формированием рисунка почвенной карты, что требует определить хотя бы ориентировочные границы между структурами разного принципа формирования и взаимодействия.

Структуры, связанные с неоднородностью литологического покрова, не будут иметь границ, характеризующих взаимодействие между своими компонентами. В равнинных районах типа Беларуси граница будет определяться только распространением литологической особенности территории, сформировавшей такую структуру.

Взаимосвязь между компонентами характерна для структур, обусловленных увлажнением. Такие структуры слагаются компонентами, которые находятся под взаимным влиянием (более увлажненные почвы в понижениях находятся под воздействием потоков с возвышенных участков). Перераспределение поверхностного стока обусловлено рельефом как «распределителем тепла и влаги». Особенности рельефа отражаются в компонентном составе почв по ходу движения потока. Границы структур, сформированных по увлажнению (сочетания, комплексы и т.д.), определяются как границами почвенных контуров, так и зонами, определяющими степень взаимодействия компонентов между собой (водоразделами и тальвегами).

В общем виде работы выполнялись в ГИС-пакете ArcGIS. В первую очередь разработана схема

выделения границ структур, обусловленных увлажнением, поскольку границы этих структур не сопрягаются напрямую с границами почвенных разновидностей, а могут и пересекать почвенные контура. Необходимо было определить границы взаимодействия компонентов почвенного покрова друг на друга, обусловленные рельефом территории.

Входными данными служат цифровой слой границ почвенных разновидностей, полученный путём оцифровки почвенных карт земель сельскохозяйственных организаций и цифровые данные по рельефу (ЦМР). Для слоя почв была приведена предварительная градация на семь классов по увлажнению (автоморфные; оглеенные внизу или на контакте; временно избыточно увлажняемые; глееватые; глеевые; торфяно- и торфянисто-глеевые; торфяные) и две орографические группы (почвы возвышений и понижений).

На первом этапе необходимо было произвести корректировку цифрового слоя почв. При анализе движения потоков необходимо, чтобы в нём не было разрывов, поэтому был разработан алгоритм автоматического удаления данных разрывов с использованием показателей рельефа через полигональную тему потоков. Далее была сформирована карта потоков с данными по почвам, которые они пересекают и создание темы взаимосвязей между ними. При этом проводилась корректировка несоответствия движения потока и чередования почв вниз по склону, обусловленного взаимной неточностью цифровых данных по рельефу и выделенных границ почвенных разновидностей. После этого получено положение каждой почвы в цепях увлажнения, состав этих почвенных цепей, выделены бассейны (зон влияния различных котловин), зоны водоразделов.

Проводилось автоматическое объединение почв по группам увлажнения разного уровня: от простых, включающих в себя только две сопряжённые потоками почвы, до групп, которые объединяют все почвы анализируемого участка. Группировка проводилась как вниз по ряду увлажнения, так и наоборот. Такой подход позволяет отсекаать группы, которые замкнуты в локальных котловинах и на отдельных возвышенностях, выделять фоновые почвы, группы, состоящие из простого сочетания одиночных почвенных контуров и группы, объединяющие неоднородные компоненты.

Реализация данного сценария действий позволит говорить о снижении трудоёмкости при выполнении генерализации информации на почвенных картах без потери их информативности. В настоящее время в Беларуси активно проводится создание цифровой информации на уровне земель сельскохозяйственных организаций для земельно-информационных систем, которую можно задействовать при составлении почвенных карт более высокого уровня, используя средства автоматической генерализации. Это позволит решить вопрос с отображением информации по почвам на разном уровне отображения в ЗИС, и сократить время на подготовку обзорных почвенных карт, в случае с которыми выделение структур на базе крупномасштабных почвенных карт является достаточно трудоёмким процессом.

Литература

1. Фридланд В.М. Структура почвенного покрова. - М.: Мысль, 1972. - 336 с.
2. Горкунов В.А. Структура почвенного покрова пахотных земель северо-восточной части Беларуси и их оптимальное использование - Могилев, 2007. - 256 с.

УДК 631.114.2.

БИОГЕОХИМИЯ ЛИГНИНА В ПОЧВАХ РАВНИННЫХ И ГОРНЫХ ЛАНДШАФТОВ

И.В. Ковалев (1), Н.О. Ковалева (1)

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: kovalevMSU@mail.ru, natalia_kovaleva@mail.ru

Комплексная ароматическая структура и гидрофобные свойства лигнина, а также его высокая биохимическая стабильность определяют уникальную роль этого биополимера в процессах гумификации и планетарном круговороте углерода.

Цель работы - выявление закономерностей поступления, состава и трансформации лигнина и его производных в почвах геохимически сопряженных катен разных природных зон, изучение путей и механизмов стабилизации лигнина в почве, роли в процессах гумусообразования.

Объекты исследования: евразийские леса из сосны, лиственницы, кедра, ели, пихты; южнотаежные березо-осиновые леса и агроэкосистемы, в том числе и осушенные, Коломенского ополья Московской области; дубово-липовые широколиственные леса («Тулские засеки») на серых почвах; березовые колки лесостепи и агроэкосистемы Брянской области на агросерых почвах; типичный чернозем (Курский биосферный заповедник, Кисловодская котловина); тропический лес Амазонии на красноземах (Бразилия); аридные экосистемы вертикальных природных зон Тянь-Шаня; гумидные экосистемы Северного Кавказа.

Основные методы - апробированная методика мягкого щелочного окисления органического вещества оксидом меди в азотной среде с последующим использованием хроматографии тонкого слоя является наиболее перспективной для анализа содержания и состава лигнина в объектах наземных экосистем: не только в тканях растений, но и в дневных и погребенных почвах, включая минеральные малогумусные горизонты, в конкреционных новообразованиях, препаратах гуминовых кислот, гранулометрических фракциях почв. Щелочное окисление исследуемых образцов оксидом меди дало 11 фенолов, которые сгруппированы по их химической природе в 4 структурных семейства: ванилиновые (V), сиригиловые или сиреневые (S), п-кумаровые (C) и феруловые фенолы (F). Сумма продуктов окисления (VSC) отражает общее содержание лигнина в образце. Результаты. Превращения лигнина в почвах определяются гидротермическими условиями

среды и физико-химическими свойствами почв, активностью микробиоты. Установлено, что наибольшее суммарное (VSC) количество продуктов окисления лигнина в рассматриваемых горизонтальных рядах почв приурочено к почвам естественных биогеоценозов с наивысшей биопродуктивностью: серая лесная почва Тульских засек, черноземы Курского заповедника, красноземы тропического леса Амазонии. В почвах вертикального ряда наблюдается параболический характер распределения лигнина в ряду: от подножия к вершинам с максимумом содержания лигнина в субальпийских черноземовидных почвах (например, субальпийский луг Тебердинского заповедника Кавказа и заказника Чон-Курчак Тянь-Шаня).

В условиях антропогенного использования (пашня Русской равнины, плантация производственной древесины Бразилии, вторичные леса Красноярска, горные пастбища) количество лигнина в почвах уменьшается по сравнению с естественными аналогами.

В почвах с господством восстановительных условий и с контрастным ОВП режимом (субальпийская луговая, светло-серая оглеенная) наблюдается накопление и консервация лигнина, а почвы с абсолютным господством окислительных процессов (красноземы Бразилии, горные черноземы Тянь-Шаня) демонстрирует его быстрое разложение.

В условиях мезо- и микрорельефа стабилизация и консервация лигниновых полимеров в виде высококонденсированных многоядерных ароматических структур всегда приурочена к аккумулятивным позициям ландшафта. Так, в пределах изучаемых катен во всех районах исследования максимум накопления фенольных соединений приходится на почвы мезопонижений с длительным господством восстановительных условий во всем профиле, а в опольях – на почвы микрозападин. Наиболее дренированные разности почв, приуроченные к водораздельным повышениям и склонам, обладают наименьшими количествами лигниновых фенолов. Среди продуктов окисления лигнина в рассматриваемом ряду почв с усилением степени гидроморфизма увеличивается количество фенольных кислот, достигая максимальных значений в глеевых (до 79 % суммы фенолов) и элювиальных горизонтах (до 89 % суммы фенолов)._

В пределах почвенного профиля наибольшее суммарное (VSC) количество продуктов окисления лигнина в рассматриваемых рядах почв приурочено к верхним гумусово-аккумулятивным горизонтам – до 12–14 мг/г $C_{орг.}$, наименьшее (1–4 мг/г $C_{орг.}$) – к нижним частям профилей. В гумусовых горизонтах количественно преобладают альдегиды, а в иллювиальных – кислоты. Вероятно, именно ванилиновая кислота обладает наибольшей миграционной способностью в профилях таежных почв. Таким образом, в почвах гумидных ландшафтов лигнин вносит свою долю в пул органических кислот, формирующих подзолистые и глеевые горизонты.

Для характеристики интенсивности разложения и трансформации лигнина в почвах используется отношение кислоты/к альдегидам в единицах ванилина или сирингила как меры степени окисленности молекулы. Это отношение используется в расчете степени измененности боковых цепочек лигнина по отношению к растительным тканям (параметр T, %) [1]. $T = 74 - (100 - K)(1 + (Ac/Al)_v)^{-1}$; где $(Ac/Al)_v$ - отношение ванилиновых кислот к ванилиновым альдегидам, K - содержание кетонов в исходных растительных тканях в %.

Установлено, что высокая цифра выхода продуктов окисления (VSC) лигнина и низкие величины отношения кислоты/альдегиды в горизонтах подстилки и в гумусовых горизонтах почв гумидных ландшафтов являются закономерным результатом еще слабо измененных растительных остатков, а значит, слабого изменения боковых цепочек ароматических структур лигнина в органическом веществе почв. На основании многочисленных данных о содержании лигнина и его трансформации в почвах широтной зональности показана линейная зависимость увеличения степени измененности боковых цепочек лигниновых структур в ряду от светло-серых почв к черноземам и красноземам. Так, в почвах южной тайги она составляет 5-8%, в лесостепи – 9-10 %, в черноземах – 10-12% и, достигая максимальных значений в красноземах – до 30-50 %, то есть фактически следует за величиной периода биологической активности, рассчитанной Д.С. Орловым. Линейная зависимость величины степени трансформации лигнина от гидротермических параметров среды также хорошо проявляется и в горных экосистемах. В гумидных условиях Северного Кавказа степень трансформации боковых цепочек лигнина составляет 5% для чернозема и 1,5 % для субальпийских почв. В аридных условиях Средней Азии – 20 % в горных черноземах и 3 % в альпийских луговых почвах. Полученные результаты не противоречат нашим данным о гуматном характере гумуса в почвах Тянь-Шаня, по сравнению с преимущественно фульватным – в почвах Северного Кавказа. Величина степени минерализации биополимера лигнина в почвах геохимически сопряженных катен ополей и «Тульских засек» уменьшается от водоразделов к плакатам.

Таким образом, интенсивная минерализация лигнина и быстрый распад сложных структур до мономеров и олигомеров наблюдается в почвах с высокой биологической активностью – в черноземах, красноземах, а механизм встраивания неизменных пространственно вытянутых лигниновых структур в молекулу гуминовых кислот должен преобладать в почвах гумидных ландшафтов.

* Исследования выполнены при финансовой поддержке DAAD в Байройтском университете ФРГ, грантов РФФИ №№ 08-04-00809-а, 09-04-00747-а, 11-04-00453-а

Литература

1. Ertel J.R., Hedges J.I. The lignin component of humic substances: Distribution among the soil and sedimentary humic, fulvic and base-insoluble fractions // *Geochim. Cosmochim. Acta.* 1984. V. 48.

УДК 631:4

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ГЕОГРАФИИ, ГЕНЕЗИСЕ И ЭВОЛЮЦИИ ВЕРТИСОЛЕЙ

И.В. Ковда

Институт географии РАН, Москва, e-mail: ikovda@mail.ru

Первая сводка материалов по темным слитым почвам мира появилась в 1965 г. [1]. Эта работа впервые обобщила сведения о разнообразных слитых почвах различных стран и континентов, известных под более чем 25 названиями. Позднее лидирующим термином в мировых исследованиях стало название «вертисоли». Как следует из этого названия (Лат. *verto* – поворачивать), отличительной чертой вертисолой считался процесс их самоперемешивания, или, иначе говоря, педотурбаций и «самопоглощения». Первоначально вертисоли были известны как темноцветные глинистые смектитовые почвы, имеющие гомогенный, практически недифференцированный профиль, что объяснялось процессами усадки-набухания, засыпанием материала верхних горизонтов в глубокие трещины и последующим равномерным вертикальным перемешиванием. В последующие 40-50 лет появились новые работы, обобщающие разрозненные материалы по генезису, географии и свойствам слитых глинистых почв. Значительно расширились сведения об их распространении, площадях, вариативности физических и химических свойств; изучены протекающие в них почвенные процессы, уточнены старые и предложены новые гипотезы формирования, разработаны принципы классификации.

По современным оценкам вертисоли занимают около 3.16 млн. км², что составляет 2.42% почвенного покрова мира. Хотя первоначально они назывались темными слитыми почвами тропиков и субтропиков, только 1.49 млн. км² (47%) вертисолой находится в тропических экосистемах, 1.64 млн. км² (52%) расположены в умеренных и 0.17 млн. км² (1%) - в бореальных [2]. Вертисоли известны более чем в 80 странах мира, однако их распространение неравномерно: около 78% их площадей сосредоточено в 6 странах: Индия – 25%, Австралия – 22%, Судан – 16%, США – 6%, Чад 5% и Китай 4% [3]. Отметим при этом, что данные по России и странам СНГ в мировых базах данных практически отсутствуют и не учтены. Итак, вертисоли являются не только почвами тропиков и субтропиков, их можно считать интразональными почвами, достаточно широко представленными в умеренном климате (например южная часть Канады, Европа, Украина, юг России). Наиболее крупные ареалы относятся к тропическим и субтропическим условиям, внетропические вертисоли встречаются ~до 50° с.ш. формируя преимущественно небольшие ареалы.

Помимо географии вертисолой, претерпели изменения и представления об их свойствах и факторах формирования. Установлено, что вертисоли встречаются в широком диапазоне климатических условий: температурные условия, продолжительность сухого сезона, общее количество осадков могут варьировать в значительной степени. Среднегодовые температуры воздуха меняются в диапазоне от 0 °С (Канада) до ~30 °С; среднегодовое количество осадков – от 50-150 (Гавайи, Судан) до 2000-3000 мм (Индия, Индонезия, Южная Америка). Также варьируют интенсивность выпадения и испарения осадков: длительность сухого периода может составлять от 3 до 10 месяцев, а число влажных месяцев – от 0 до 3. Тем не менее, отмечалось, что наиболее часто вертисоли встречаются при среднегодовой температуре 15-26 °С, со среднегодовым количеством осадков в пределах 500-1000 мм/год и продолжительностью сухого периода 3-7 месяцев. Поскольку важным фактором формирования вертисолой считался определенный минералогический состав, то часто они рассматривались как почвы определенных топографических позиций – транс-аккумулятивных и аккумулятивных ландшафтов, где накапливаются продукты выветривания или осуществляется неосинтез монтмориллонитовых глин. Позже выяснилось, что часто вертисоли являются литогенными почвами и, следуя за выходами глинистых пород, формируются на водоразделах и крутых склонах, в элювиальных и транс-элювиальных позициях.

«Центральный образ» черных слитых глинистых смектитовых почв дополнился сведениями о вертисолях с разнообразными морфологическими, физическими и химическими характеристиками. Так, помимо темноцветных почв с мощным гомогенным гумусовым горизонтом и низким содержанием органического углерода несмотря на темный цвет, были обнаружены темноцветные вертисоли с достаточно высоким содержанием гумуса, а также красноцветные и коричнево-бурые вертисоли. Помимо вертисолой с монотонным и гомогенным почвенным профилем, были обнаружены вертисоли с выраженными генетическими горизонтами, а также установлено, что многие вертисоли имеют латеральную цикличность или комплексность. В частности, как правило, вертисоли имеют определенную вертикальную последовательность изменения размера и формы структурных отдельностей. Многие из них имеют карбонатные или гипсовые горизонты. Вместо монтмориллонитового минералогического состава типичных вертисолой, в составе глинистых минералов некоторых вертисолой преобладал иллит (Болгария, Сомали, Австралия) или даже каолинит (Австралия), доля которого часто повышена в красноцветных вертисолях. Достаточно широким оказалось и варьирование других морфологических, химических и физических свойств этих почв.

Таким образом, подводя итог обзору данных по географии и свойствам вертисолой, можно отметить, что они имеют обширное географическое распространение, сформированы в широком диапазоне физико-географических условий, отличаются разнообразием морфологии и химических свойств при более узком диапазоне изменения физических свойств, бывают гомогенными либо с выраженной вертикальной и/или латеральной неоднородностью.

Претерпели изменения взгляды на протекающие в вертисолях почвенные процессы, механизмы формирования диагностических признаков. Первоначально основными процессами принимались растрескивание, самомульчирование, набухание, педотурбации. Педотурбации считались наиболее интенсивным процессом, обеспечивающим формирование диагностических признаков вертисолой. Однако анализ новых данных по свойствам вертисолой показал, что интенсивность этого процесса была существенно

преувеличена. При растрескивании действительно происходит засыпание поверхностного материала в трещины, однако вместо быстрого вертикального перемешивания (педотурбаций), преимущественно происходит медленное латеральное выдавливание материала. Чередование процессов усадки и набухания позволяет осуществляться подвижкам и истиранию глинистых частиц, которое предполагал Козловский [4].

Пересмотрены представления о микрорельефе гильгай. Его наличие уже давно перестало быть обязательным свойством вертисолей. По-видимому, под микрорельефом гильгай первоначально [5,6] были объединены различные типы микрорельефа, в противном случае трудно объяснить образование гильгаев разной морфологии единым механизмом. Вероятно, в том числе, в гильгай был включен и суффозионный просадочный микрорельеф. Образование гильгаев не следует связывать с «избыточным» материалом, засыпавшимся в трещины, как это предполагалось ранее. Очевидно, что гильгаи и внутривершинная цикличность образуются при пластических деформациях, когда снизу происходит медленное латеральное выдавливание слабоувлажненных грунтовых масс. Этот процесс сходен с гляциотектоническими явлениями. Также было установлено, что микрорельеф и трещинная сеть пространственно стабильны. Роль микрорельефа заключается в перераспределении осадков, что создает предпосылки для комплексности почвенного и растительного покрова, способствует сохранению реликтовых видов растений, образует внутривершинные зоны омоложения и зоны консервации.

Представления о возрасте вертисолей и их эволюции были в прошлом наименее разработаны. Анализ литературного материала и собственные исследования позволили прийти к следующим заключениям: разнообразие вертисолей мира объясняется их разновозрастностью в геологическом масштабе времени, различными эволюционными стадиями сопряженными с развитием микрорельефа гильгай, а также особенностями настоящего функционирования в зависимости от современных физико-географических условий. В почвенном покрове разных континентов и в разных позициях сосуществуют молодые современные вертисоли, древние, а также реликтовые и ископаемые. Молодые современные вертисоли в основном приурочены к аккумулятивным молодым ландшафтам и встречаются на любых континентах кроме Антарктиды. Древние вертисоли находятся во внеледниковых регионах где длительность почвообразования не была ограничена голоценовым периодом (например Северный Кавказ, Ближний Восток, Средиземноморье). К реликтовым вертисолям можно отнести как погребенные вертисоли разного возраста, так и древние вертисоли, смыкающиеся с современными почвами (например черноземы на красно-бурых скифских глинах), в которых в настоящее время отсутствуют активные процессы, формирующие диагностические свойства вертисолей и вертикальные признаки находятся на стадии стирания.

Таким образом, за прошедшие 40-50 лет представления о географии, свойствах, генезисе и эволюции вертисолей были существенно дополнены и переработаны.

Литература

1. Dudal R. Dark clay soils of tropical and subtropical regions. Rome, FAO, 1965. 161 p.
2. Eswaran H., Beinroth F.H., Reich P.F., Quandt L.A. Vertisols: their properties, classification, distribution and management// The Guy D.Smith memorial Slide Collection. CDRM. USDA. 2000.
3. Coulombe C.E., Wilding L.P., Dixon J.B. Overview of Vertisols: characteristics and impacts on society// Advances in Agronomy. Vol. 57. Academic Press. 1996. P. 290-375.
4. Козловский Ф.И. Современные естественные и антропогенные процессы эволюции почв. М.: Наука. 1991. 196 с.
5. Hallsworth E.G. and G.G. Beckmann Gilgai in the Quaternary// Soil Science. 1969. Vol. 107 (6). P. 409-419.
6. Cook R.U., Warren A. Geomorphology in deserts. London: B.T.Batsford Ltd., 1975. 394 p.

УДК 550.47; 550.42

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЙОДА И СЕЛЕНА В ГЕОХИМИЧЕСКИ КОНТРАСТНЫХ ЛАНДШАФТАХ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

*Е.М. Коробова (1), В.Ю. Березкин (1), Н.В. Корсакова (1), В.Н. Данилова (1), С.Д. Хушвахтова (1),
Э.М. Седых (1), Е.И. Чесалова (2)*

(1) ГЕОХИ РАН, Москва, e-mail: korobova@geokhi.ru;

(2) Геологический музей имени В.И.Вернадского, Москва, e-mail: chesalova_ei@mail.ru.

Микроэлементы играют важную роль во многих биологических процессах, а их поступление в организм человека в основном определяется уровнем содержания в продуктах питания. Изучение естественно-природного геохимического фона I и Se в ландшафтах лесной зоны представляет интерес в связи с потребностью щитовидной железы в I и влиянием Se на его усвоения [1]. Цель исследования состояла в изучении особенностей пространственного распределения I и Se в ключевых компонентах биогеохимической пищевой цепи в геохимически различных ландшафтах. В целом работа направлена на развитие подходов к изучению пространственной структуры современных природно-техногенных биогеохимических провинций на основе эколого-геохимических критериев обеспеченности пищевых цепей микроэлементами [2] и ландшафтно-геохимических закономерностей распределения и миграции химических элементов [3, 4]. Исследования проводились на примере Брянской области, которая существенно дифференцирована по составу пород, четвертичных отложений и почвенно-растительного покрова, и подверглась загрязнению радиоактивными изотопами I при аварии на Чернобыльской АЭС. Задача состояла в изучении и выявлении

особенностей распределения I и Se в геохимически контрастных ландшафтах опольного и полесского типа.

Естественно-природный фон I и Se в почвенном и растительном покрове исследовался применительно к сельским населенным пунктам с учетом ландшафтно-геохимических условий на территориях, используемых для производства сельскохозяйственной продукции и выпаса скота. Оценка потенциальной обеспеченности рационов сельских жителей I и Se выполнялась с учетом структуры почвенного покрова на основе почвенной карты масштаба 1:1000 000, данных о содержании микроэлементов в соответствующих типах почв и эколого-геохимических критериев их дефицита в почвах и растениях [2, 5]. Отбор образцов почв производился в личных подсобных хозяйствах и на местных пастбищах, где отбирались пробы кормовых трав. Для контроля пищевых цепей отбирались образцы продукции личных подворий, питьевых вод и молока.

Иодид-ион во всех объектах определялся кинетическим роданидно-нитритным методом [6]. Чувствительность по I составляла 1 нг/мл, точность определения находилась в пределах 2-4% (воды), 5-10% (почвы, молоко), 5-20% (растения). Определение Se выполнялось спектрофлуориметрическим методом [1]. Чувствительность метода – 1 нг/мл.

Содержание I в 125 пробах из 165 проанализированных (76%) не превышало 9,9 мкг/л при физиологически оптимальном интервале от 10 до 125 мкг/л, что подтверждает их недостаточную обеспеченность I. Наблюдается тенденция прямой связи содержания I с общей минерализацией вод ($r=0,385$, $n=165$) и обратная для соотношения в них катионов Ca и Na (Ca/Na , $r=-0,338$, $n=165$). Это отвечает литературным и нашим собственным данным о повышении содержания I с ростом минерализации вод и позволяет предположить о возможности его аккумуляции на карбонатном барьере.

Среднее содержание I в питьевых водах населенных пунктов, расположенных в пределах опольных ландшафтов с доминирующим H-Ca, Ca классом водной миграции, оказалось ниже, чем для ландшафтов полесского типа с преобладанием H и H-Fe класса ($5,69\pm 1,21$ мкг/л, $n=22$; против $9,44\pm 1,55$ мкг/л, $n=17$; $7,51\pm 1,44$ мкг/л, $n=22$ соответственно).

Термодинамические расчеты возможных форм существования I, исходя из их ионного состава образцов, выполненные Е.В. Черкасовой под руководством Б.Н. Рыженко (ГЕОХИ РАН), показали теоретическую возможность существования водорастворимого комплексного иона CaI^+ . В связи с этим допустимо предположение, что при относительной обогащенности вод опольных ландшафтов Ca^{2+} фиксация I может осуществляться на карбонатном барьере. Кроме того выявлена тенденция положительной связи между содержанием I в молоке и в водах из колонок питьевого водоснабжения, что может свидетельствовать о большем вкладе питьевых вод в рацион жителей йододефицитных районов, чем предполагалось ранее.

Содержание Se в питьевых водах варьировало в пределах двух порядков - от 0,01 мкг/л до 4,4 мкг/л и также различалось в зависимости от типа ландшафта и класса водной миграции, что наблюдалось по средним значениям. Так, в области распространения ландшафтов полесского типа с доминированием H-класса водной миграции среднее содержание Se составило $0,57\pm 0,23$ мкг/л ($n=17$), H, H-Fe класса – $0,69\pm 0,17$ мкг/л ($n=22$), а в опольных ландшафтах с доминированием H-Ca класса – $0,63\pm 0,21$ мкг/л ($n=22$).

Для почв Брянской области экспериментально подтверждена и относительная обогащенность ополей I по сравнению с полесьями ($2,07\pm 0,56$ мг/кг в слое 0-5 см почв, используемых под пастбища, $n=14$ против $0,83\pm 0,08$ мг/кг, $n=20$). В целях повышения уровня детализации исследование почв осуществлялось на уровне системы сопряженных элементарных ландшафтов, рассматриваемых в пределах элювиальных и подчиненных ландшафтов. Преимущественная аккумуляция I фиксируется в почвах подчиненных ландшафтов ($3,95\pm 1,45$ мг/кг, $n=11$ и $2,07\pm 0,56$ мг/кг, $n=14$), что связано в первую очередь с повышением содержания органического вещества. При этом вертикальная дифференциация содержания I в почвенном профиле обусловлена его накоплением на биогеохимическом, сорбционном и карбонатном барьерах.

Содержание наиболее подвижной водорастворимой формы I в почвах невелико (от 1 до 5,4% от общего содержания). При этом обнаружено, что низкому уровню содержания валового I в песчаных подзолистых и перегнойно-карбонатно-глеевых почвах соответствует более высокая доля его подвижной формы, тогда как для относительно обогащенных I серых лесных и дерново-глеевых почв этот показатель ниже.

Специфика вертикального распределение Se и I в почвенном профиле не всегда однообразна. Так, при четком максимуме содержания I в обогащенных гумусом и карбонатных горизонтах, в серой лесной старопашотной почве повышенное содержание Se наблюдалось не только в гумусовом, но и в верхнем слое иллювиального горизонта. В отличие от I некоторое накопление Se на карбонатном барьере было выражено значительно слабее, что, по-видимому, связано с его большей подвижностью в щелочной обстановке.

Относительное накопление как I, так и Se в пастбищных травах наблюдалось в автономных (элювиальных) почвах опольных ландшафтов с H-Ca и Ca классом водной миграции ($0,340\pm 0,05$ мг/кг I и $0,054\pm 0,006$ мг/кг Se, $n=16$ и 11 соответственно). По эколого-геохимическим критериям такие уровни содержания отвечают условно удовлетворительным показателям [5]. Характерно, что опольям соответствует более низкое значение коэффициенты перехода (КП) микроэлементов в кормовые травы по сравнению с полесскими и моренными ландшафтами ($0,3\pm 0,07$ и $0,4\pm 0,05$ по I ($n=11$ и 14); и $0,21\pm 0,06$ и $0,30\pm 0,07$ по Se ($n=9$). При этом в подчиненных ландшафтах полесского типа H-Fe класса содержание I и Se в пастбищных травах было минимальным ($0,13\pm 0,04$ мг/кг (I) и $0,035\pm 0,008$ мг/кг (Se), что близко к уровню кризисного состояния [5].

Анализ показал, что опольные ландшафты характеризуются также и несколько более высоким средним содержанием I в сельхозпродукции частных подворий, например, в картофеле, где среднее валовое содержание этих элементов составило $0,052\pm 0,001$ мг/кг и $0,045\pm 0,006$ на сыр. массу, $n=27$ и 43).

Таким образом, в ходе работ был картометрически и экспериментально оценен естественно-

природный I-Se фон почвенно-растительного покрова Брянской области. Получены новые доказательства применимости ландшафтно-геохимического подхода к изучению пространственной дифференциации I и Se в компонентах биогеохимической пищевой цепи. Установлен более высокий уровень обеспеченности I и Se почвенно-растительного покрова опольных ландшафтов по сравнению с полесскими. Показано, что различие наблюдается и на более низком уровне пространственной дифференциации в системе элювиальных и подчиненных ландшафтов.

1. Ермаков В.В., Ковальский В.В. Биологическое значение селена. М.: Наука, 1974. 298 с.
2. Ковальский В.В. Геохимическая экология. М.: Наука, 1974. 229 с.
3. Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследования природных ландшафтов. М., 1964.
4. Перельман А.И. Взаимосвязь учения о биогеохимических провинциях и геохимии ландшафта. Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. Труды биогеохимической лаборатории. Т. 23. М.: Наука, 1999. С. 115-133.
5. Ермаков В.В. Геохимическая экология как следствие системного изучения биосферы // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии (Тр. Биогеохим. лаб. Т. 23). М.: Наука, 1999. С. 152-182.
6. Проскуракова Г.Ф., Никитина О.Н. Ускоренный вариант кинетического роданидно-нитритного метода определения микроколичеств йода в биологических объектах. Агрохимия, 1976, 7. С. 140-143.

УДК 631.47

ПЕДРАЗНООБРАЗИЕ – ГЕНЕТИКО-ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Т.В. Королюк, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова, С.В. Овечкин

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва, e-mail: shlem@akado.ru

Педоразнообразие – новая область географии почв, описывающая состав почвенного покрова (ПП) количественными методами, исходя из таксономического положения его ингредиентов и обращаясь к методам оценки биоразнообразия.

С начала 90-х годов появились публикации западных почвоведов, где предпринимались попытки адаптации к почвам биологических критериев: богатство видов или таксонов, обилие (пропорциональное распределение ареалов видов или таксонов), относительное обилие (индекс энтропии Шеннона) [1]. МакБратни и Минаси предложили использовать для оценки педоразнообразия индекс квадратичной энтропии или среднее таксономическое расстояние [2]. Он был успешно опробован ими для характеристики педоразнообразия для почвенной карты мира М 1:25 млн., составленной в системе WRB [3]. Сравнительная оценка индекса Шеннона и таксономического расстояния при определении педоразнообразия небольшого участка в Иране с использованием американской классификации приводится в работе Тумаяна [4]. Существенно раньше понятие таксономической близости/удаленности учитывалось В.М. Фридландом в теории структуры почвенного покрова.

В существующих подходах к оценке педоразнообразия географические и генетические черты почвенного покрова скрыты необходимой формализацией явления, проявляющегося не только в количестве и «качестве» таксонов, но и в разнообразии почвообразовательных процессов, их интенсивностей и соотношений, в многообразии горизонтов и признаков в почвенных профилях. Число горизонтов в профиле почв как показатель «дифференциации ПП» показано на одноименных обзорных картах в Национальном атласе почв России; горизонты определены по субстантивно-генетической классификации почв России [5].

Ориентированность новой классификации на горизонты, признаки и формирующие их почвообразовательные процессы позволила модифицировать подходы к оценке педоразнообразия на основе выявления разноуровневых генетико-таксономических связей между почвами – компонентами ПП [6]. Педоразнообразие определяется суммой формализованных параметров, представляющих количество почв разных таксономических уровней, их генетическую близость или удаленность (по структуре классификации), а также количество почвообразующих процессов, горизонтов и признаков. С этой целью была разработана система экспертной балльной оценки по отношению к ареалам генетических типов почв. Ареалы типов взяты с Государственной почвенной карты м-ба 1 млн., но типы интерпретированы в критериях субстантивно-генетической классификации почв России.

В пределах ареалов типов выделены территории (ячейки) по степени сложности ПП. Для каждой ячейки по разработанной шкале (таблица) подсчитывалась сумма баллов для общего количества почв (N), таксономической удаленности компонентов (D), количества действующих в границах ячейки процессов (P) и количества горизонтов и признаков (H).

Таблица 1

Критерии оценки в баллах генетического разнообразия почвенного покрова ячеек

Таксономическая удаленность (соотношение) (D)	Баллы
Основная почва типа полного или неполного профиля	1
Другие почвы:	
в пределах типа основной почвы	2

в пределах отдела основной почвы	3
в пределах другого отдела	4
в пределах другого ствола, а также неполнопрофильные почвы	6
Количество почвообразующих процессов (P)	
Процессы, формирующие основную почву типа	1
Процессы, формирующие любые другие почвы	2
Количество горизонтов и признаков в почвах (H)	
Признаки в основной почве типа	1
Признаки в сопутствующих почвах	2
Горизонты в основной почве типа	2
Горизонты в других полнопрофильных почвах	4

Оценка педоразнообразия ячейки (Z) на основе степени генетической близости компонентов ее ПП и генетической сложности почвенных профилей определяется по формуле:

$$Z = N + \sum_{i=1}^{i=N} D_i + \sum_{l=1}^{l=NP} P_l + \sum_{j=1}^{j=NH} H_j, \text{ где}$$

N – общее количество почв,

D_i - таксономическая удаленность i -ой почвы, принимает значения от 1 до 6;

NP – общее количество почвообразующих процессов в ячейке;

P_l – вес почвообразующих процессов 1 или 2;

NH – общее количество горизонтов и отмечаемых признаков;
во всех почвах

H_j – вес каждого горизонта или признака, принимает значения от 1 до 4.

В качестве примера приведем расчеты педоразнообразия для двух ячеек ареала черноземов текстурно-карбонатных (южных) на юге европейской России.

Ячейка с однородным ПП междуречье рек Хопер-Бузулук – полого-увалистую равнину с мягкими формами рельефа, перекрытыми покровными тяжелыми суглинками и глинами, подстилаемыми мореной. В ПП преобладают агрочерноземы текстурно-карбонатные и агроземы текстурно-карбонатные ($N=2$).

Таксономическая удаленность почв ячейки (таблица, D) оценивается в 5 баллов: 1 – за основную почву типа, 4 – за почву другого отдела («чужую»). *Почвообразующие процессы* (P) – аккумулятивно-темногумусовый и текстурно-карбонатный, являются общими для обеих почв и оцениваются по баллу за процесс. Кроме того, участие в ПП агроземов рассматривается как результат дополнительного процесса эрозии (2 балла). Таким образом, $P=4$. Сумма баллов за горизонты $H=6$: в профиле основной почвы и агроземах присутствуют по три горизонта: агротемногумусовый, темногумусовый и текстурно-карбонатный. Итоговая оценка педоразнообразия ячейки в соответствии с приведенной выше формулой составляет $N2+D5+P4+H6=17$ баллов.

Примером ячейки со сложным ПП является сильно расчлененная западная часть Доно-Донецкой возвышенности, сложенная толщей опок, перекрытых песками, песчаниками и засоленными красноцветными глинами. Плоские водоразделы и выположенные склоны северной и западной экспозиции покрыты лессовидными тяжелыми суглинками с преобладанием текстурно-карбонатных агрочерноземов и агроземов. На склонах южной и восточной экспозиции развиваются эрозионные процессы, определяющие локальные приближения к поверхности засоленных глин и формирование солонцеватых форм черноземов и агроземов. Выходам опок и песчаников, массивам песков соответствуют светлогумусовые почвы и псаммоземы. Общее количество почв $N=4$.

Оценка *таксономического расстояния* (таблица). К величине D, рассчитанной для предыдущей ячейки (5 баллов), добавляются 2 балла за почвы солонцеватого подтипа и четыре – за подтип почв другого отдела (солонцеватые агроземы). Псаммоземы и светлогумусовые почвы на опоках и песчаниках (неполноразвитые) получают по 6 баллов. В итоге, $D=5+2+4+6*2=23$. Количество баллов, оценивающих *почвообразующие процессы* в предыдущей ячейке, равно 4. К ним добавляются по 2 балла за проявление «чужих» процессов – солонцового, и двух вариантов гумусонакопления: слабо развитого (псаммоземы), светлогумусового (светлогумусовые почвы на опоках и песчаниках). В итоге показатель P оценивается в 10 баллов ($4+2*3$). *Количество горизонтов в почвах* предыдущей ячейки – 6. К нему добавляются 10 баллов – по 4 балла за 2 гумусовых горизонта и 2 балла за признак солонцеватости. Оценка педоразнообразия ячейки составляет $N4+D23+P10+H16=52$ баллов.

Использование изложенного способа оценки педоразнообразия территории Южного и Северокавказского федеральных округов позволило выделить 5 типов ПП по степени его сложности: I - *условно однородный*, с преобладанием почвы основного типа ($Z<25$); II - *слабо неоднородный*, где появляются почвы генетически близкие основным, но образованные «наложенными» процессами, такими как эрозия, солонцеватость, поверхностное или грунтовое увлажнение ($Z=25-35$); III – *неоднородный почвенный покров*, с нерегулярным чередованием основной почвы типа и генетически отдаленных неполнопрофильных почв (выходы плотных пород, песчаные массивы), $Z=36-45$; IV - *пестрый*, представленный генетически далекими почвами на выходах контрастных по вещественному и гранулометрическому составу породах ($Z=46-55$); V - *сложный*, образованный генетически контрастными почвами, регулярно повторяющимися (комплексы) или, напротив,

незакономерно распределенными в пространстве (горные территории), $Z > 55$.

Предлагаемый способ оценки педоразнообразия содержит определенную методическую новизну и позволяет получить интегральную оценку генетических особенностей и географических закономерностей строения ПП. Он может использоваться как для природных территориальных комплексов разного ранга, так и для административных единиц.

Литература

1. Ibáñez, J. et al. Pedodiversity: concepts and measures. *Catena*, 1995, 24, pp.215–232.
2. McBratney, A.B., Minasny, B. On measuring pedodiversity. *Geoderma*, 2007, 141, pp.149–154.
3. pp.149–154.
4. Minasny, B., McBratney, A. B., Hartemink A.E., 2010. Global pedodiversity, taxonomic distance, and the World Reference Base. *Geoderma* 155, pp.132–139.
5. Toomanian, N., Esfandiarpour, I., 2010. Challenges of pedodiversity in soil science. *Eurasian Soil Science*, v. 13, pp.1486-1502.
6. Классификация и диагностика почв России. 2004. Смоленск: Ойкумена. 342 с.
7. Лебедева И.И., Королюк Т.В., Герасимова М.И., Овечкин С.В. Опыт балльной оценки сложности состава почвенного покрова на основе анализа Государственной почвенной карты в формате новой классификации. Генезис, география, классификация почв и оценка почвенных ресурсов. Материалы Всеросс. научн. конф. 2010. Архангельск: КИРА. С. 160-163.

УДК 574.4

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Н.П.Косых

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г.Новосибирск, Россия, e-mail: npkosykh@mail.ru

Количество тепла и влаги, необходимое для формирования биологической продуктивности болотных экосистем имеет наибольшее влияние в современных условиях. Анализ биологической продуктивности растительных сообществ болотных экосистем показывает зависимость от климатических условий зон Западной Сибири. Оптимальное количество тепла и влаги для развития болотных систем имеет зона тайги, причем наиболее благоприятные условия в средней тайге. С продвижением на север с понижением среднесезонных температур и наличия многолетней мерзлоты, изменяется биологическая продуктивность одних и тех же болотных экосистем, уменьшается площадь некоторых болотных сообществ и появляются другие типы болот, таких как плоскобугристые и полигональные. С продвижением на юг болота увеличивают свою продуктивность, но начинают уменьшать свой ареал, и в лесостепи олиготрофные болота (рямы) занимают незначительные участки. Для сравнения были взяты следующие количественные параметры биологической продуктивности болотных экосистем: запаса мортмассы, фитомассы, чистой первичной продукции и отношение мортмассы к продукции.

Для определения биологической продуктивности отбор проб произведен в наиболее типичных его участках с учетом характера микрорельефа. Рассмотренные нами параметры биологических процессов позволяют дать количественную оценку функционирования болотных экосистем лесотундры, северной, средней и южной тайги, лесостепи. Результаты проведенных наземных исследований ключевых участков, репрезентативных для зон (подзон) Западной Сибири выявили важные качественные и количественные различия в растительном веществе. Общие запасы растительного вещества или общая биомасса (фитомасса + мортмасса) болот изменяется от 6000 до 18258 г/м², уменьшаясь с севера на юг. Минимальные запасы растительного вещества отмечены для рямов лесостепи и составляют 6200 г/м². Мертвое растительное вещество или мортмасса составляет 77% от общего запаса растительного вещества. Преобладание мортмассы над живым растительным веществом отмечается для всех болотных экосистем. Выполненная работа показывает, что особенностью биологического круговорота в болотных экосистемах является продолжительное задерживание поглощенных элементов в растительном веществе. По этой причине общая масса растительного вещества в деятельном слое в болотных фитоценозах в 6-14 раза больше массы прироста. Замедленность движения масс в системе биологического круговорота в болотных экосистемах усиливается тем, что основная часть биомассы (около 80-90%) находится в торфе, и отмирающие части сфагновых мхов задерживаются в толще, образуя обильную сфагновую подстилку. Преобладание мортмассы над живой частью растительности говорит о замедленном разложении растительных остатков.

Живое растительное вещество, или фитомасса в болотных экосистемах составляет около 10-20% от общих запасов. Количество живой фитомассы определяется типом экосистемы, растительным сообществом, трофностью и изменяется от 500 до 4143 г/м² и не зависит от климатических условий. Минимальные запасы живого растительного вещества отмечаются в осоковых болотах равнинной части лесостепи (1680 г/м²) и олиготрофных (ОМ) мочажин. На пониженных участках рельефа в ОМ и в мезотрофных мочажинах (ММ) большая часть фитомассы (88 %) создается подземными органами осок, значительная часть которых представлена узлами кушения и корневищами, на повышенных – корнями и стволиками кустарничков. В структуре фитомассы сообществ болотного массива северной тайги (рям, узкие гряды и бугры) преобладали побеги кустарничков и кустарничков, а осоково-сфагновых мочажин и топей – корни трав, преимущественно осок. На мерзлых буграх ключевых участков соотношение побегов и подземных органов кустарничков и кустарничков выравнивается.

Чистая первичная продукция (NPP) болот изменяется от 300 до 2100 г/м² в год и определяется составом растительного сообщества, болотной экосистемой и зоной. Продукция достигает максимальной величины из-за дополнительного притока питательных веществ в мезотрофных мочажинах (ММ) и осоковых болотах гор. Продукция подземной фитомассы (BNP) составляет 80 % от общей продукции и создается, в основном, подземными органами. Продукция мхов не превышает 10 - 12%. На водоразделе Западной Сибири в осоковых низинных болотах лесостепи продукция может иметь наибольшую величину – 2800 г/м² в год. На болотах лесотундры продукция изменяется от 380 г/м² в год до 870 г/м² в год. Наибольшей величины достигает в хасырях мезотрофных мочажин, минимальной продукции - на мерзлых буграх. Результаты исследований на ключевых участках показали важные качественные и количественные различия в продукции. Годовая чистая первичная продукция в пределах таежной зоны варьировала от 116 до 480 гС/м² в год в северной тайге, от 294 до 588 гС/м² в год в средней и от 200 до 1010 гС/м² в год в южной тайге, в разных экосистемах в период исследований на ключевых участках в пределах таежной зоны. Мерзлые болота отличаются высокой изменчивостью общего запаса фитомассы и чистой первичной продукции. В экосистемах болот северной тайги продукция определяется трофностью экосистемы и зависит от элементов рельефа. На грядах надземные части растений, среди которых доминируют кустарнички, дают до 30% от общей суммы годового прироста. Вклад подземных органов в общую продукцию достигает 40%. На мерзлых буграх снижение надземной продукции происходит за счет уменьшения практически в два раза доли зеленой фитомассы и однолетних побегов кустарничков, а также в связи со значительным участием в приземном слое лишайников, продукция которых ниже продукции мхов. Однако подземная продукция возрастает по сравнению с грядами за счет прироста корней и корневищ трав. Основной вклад в общую продукцию (48%) на грядах вносят мхи, на буграх – подземные органы. На низких элементах рельефа существуют как богатые по водно-минеральному питанию и видовому составу фитоценозы (мезотрофные мочажины и болота), так и бедные - олиготрофные мочажины. Наиболее продуктивными (средняя по годам продукция 350–480 гС/м² в год) являются экосистемы мезотрофных мочажин и болот в долинах рек. Наибольший вклад в прирост фитомассы в экосистемах мезотрофных мочажин вносят подземные органы крупных осок и пушиц. Подземная продукция осок и пушиц достигает 200-320 гС/м² в год, что составляет 58 - 66% от всей продукции в мезотрофных мочажинах и долинных болотах. Вклад мхов в общую продукцию снижается до 25-30 %. На последнем месте по величине стоит надземная продукция трав и кустарничков – 3-10%. Это наиболее типичная структура годового прироста для мезотрофных болот. Продукция мезотрофных мочажин и гряд болотного массива в условиях средней тайги мало меняется по годам.

Отношение мортмассы к первичной продукции отражает скорость круговорота мортмассы и показывает, что средняя скорость круговорота мортмассы в экосистемах болот и ускоряется с продвижением на юг. Максимально замедленный круговорот мортмассы отмечается на мерзлых буграх лесотундры, где круговорот замедляется до 45 лет. Полученные количественные данные продукционного процесса в разных болотных экосистемах показывают более высокие величины продукции в более богатых болотных системах, что в свою очередь приводит к ускорению круговорота мортмассы, по сравнению с олиготрофными комплексами. Запасы живой фитомассы зависят от типа экосистемы и не зависят от зоны. Болотные комплексы Западной Сибири являются уникальным компактным природным полигоном, с хорошо развитым зональными признаками на равнинной территории и удобным для организации многолетнего мониторинга продукционных процессов в контексте климатических изменений. Анализ полученных величин запаса фитомассы, мортмассы и продукции растительного вещества показывает, что при высокой величине запасов растительного вещества, большая доля мортмассы определяется близостью мерзлоты в лесотундре, а величина продукции зависит от климатических условий и типа экосистемы.

В ходе исследований болотных экосистем Западной Сибири получены количественные оценки биологической продуктивности, выявлены общие закономерности распространения запасов фитомассы и мортмассы в зависимости от топографии, определен коэффициент круговорота мортмассы болотных экосистем, а также широтная специфика этих процессов и их компонентов в пределах таежной зоны, зоны лесотундры и лесостепи. Полученные результаты показывают, что более мягкие климатические условия средней и южной тайги способствовали вовлечению в биологический круговорот значительно большего количества углерода по сравнению с северной тайгой и лесотундрой. На основе полевых наземных исследований обоснована биосферная климаторегулирующая функция болотного покрова Западной Сибири и установлено большое значение обширных болотных массивов Западной Сибири, не только как источника парниковых газов, но и как стоков углекислоты и резервуаров углерода. Выявлена зависимость продукционного процесса от климатических флуктуаций позднего голоцена и новейшего времени по широтному градиенту Западной Сибири.

УДК 504.054:669.018.674:504.064

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКИХ ЛАНДШАФТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Н.Е. Кошелева, Н.С. Касимов, О.И. Сорокина, Д.В. Власов

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: olga.i.sorokina@gmail.com

Экогеохимия городских ландшафтов, где работы М.А. Глазовской имеют основополагающее значение, становится все более актуальным направлением прикладной геохимии. Растущие темпы урбанизации, концентрация населения, промышленных и транспортных объектов на небольших территориях в сочетании с

большими объемами выбросов вредных веществ выводят на передний план проблемы загрязнения городской среды. К приоритетным загрязнителям городов относятся тяжелые металлы (ТМ) и металлоиды, ряд органических соединений. Анализ эколого-геохимического состояния городских ландшафтов, проводимый на основе покомпонентной оценки загрязнения, позволяет выявить и охарактеризовать проблемные районы городов. При этом наблюдения за состоянием атмосферы позволяют определить загрязнение воздуха только за короткий промежуток времени (обычно 20 мин.). Более важными для эколого-геохимической оценки урбанизированных территорий являются геохимические данные по снежному покрову, дающие суммарную характеристику загрязнения атмосферы в холодное время года, и по почвам, накапливающим поллютанты в течение нескольких лет или даже десятилетий. Растения также являются удобным индикатором техногенных геохимических аномалий, поскольку ТМ поступают в них как из воздуха, так и из почв (фолиарное и корневое поглощение).

Оценка загрязнения снежного покрова проводится на основе трех интегральных показателей: пылевой нагрузки P_n , суммарных коэффициентов загрязнения пыли Z_c и иммиссии Z_d [1]. Суточная пылевая нагрузка P_n (кг/км²) на городскую территорию вычисляется по формуле:

$$P_n = \frac{m}{(n \cdot l \cdot s)},$$

где m – масса взвеси на фильтре, кг; n – количество отобранных методом труб снега в точке; l – количество дней снежостава; s – площадь сечения трубы, км². Обогащение пылевых частиц ТМ оценивается коэффициентами концентрации относительно фоновых условий $K_c = C/C\phi$, где $C\phi$, C – концентрации (мг/кг) элемента в фоновых и городских образцах соответственно. Масса каждого поступающего на снежный покров металла (мг/км² в сутки) равна $D = P_n \cdot C$, коэффициенты превышения выпадений над фоном рассчитываются как $K_d = D/D_\phi$. Два суммарных показателя – загрязнения снежного покрова Z_c и иммиссии элементов Z_d – представляют собой соответственно сумму K_c и K_d над фоновыми уровнями: $Z_c = \sum K_c - (n-1)$; $Z_d = \sum K_d - (n-1)$, где n – число химических элементов с K_c или $K_d > 1,5$.

Общая полиэлементная геохимическая нагрузка на почвы оценивается по суммарному показателю загрязнения Z_c [2].

Степень экологической опасности загрязнения ландшафтов ТМ определяется в зависимости от значений пылевой нагрузки P_n и показателей Z_c и Z_d для твердой фазы снега и почв. Для этих показателей ранее были выделены 4 градации [1], уточненный вариант этой таблицы, включающий 5 градаций, приводится ниже (табл. 1). Интегральные показатели Z_d и Z_c являются геохимическими критериями техногенной трансформации снежного покрова и почв и могут быть рассчитаны для города в целом, для каждой функциональной зоны или для каждой из точек опробования. Карты распределения этих показателей по территории города позволяют выявить простраиваемые тренды в загрязнении депонирующих сред.

Величина показателей Z_c и Z_d зависит от значений коэффициентов концентрации K_c и количества учитываемых элементов n . Более устойчивые значения этих показателей можно получить путем учета класса опасности химических элементов [3]. В этом случае коэффициенты K_c входят в показатель Z_c (или Z_d) с весами, соответствующими классу опасности: 1,5 (I класс, As, Cd, Hg, Se, Pb, Zn, F), 1,0 (II класс, B, Co, Ni, Mo, Cu, Sb, Cr), 0,5 (III класс, Ba, V, W, Mn, Sr).

Таблица 1

Уровни загрязнения компонентов ландшафта тяжелыми металлами и пылью и соответствующие им градации экологической опасности по [1, 2] с изменениями

Уровни загрязнения и экологической опасности	Выпадение пыли P_n , кг/км ² в сут.	Суммарные показатели		
		иммиссии ТМ Z_d	загрязнения снега Z_c	загрязнения почв Z_c
Низкий, неопасный	< 200	< 1000	< 32	< 16
Средний, умеренно-опасный	200 – 300	1000 – 2000	32 – 64	16-32
Высокий, опасный	300 – 500	2000 – 4000	64 – 128	32-64
Очень высокий, очень опасный	500 – 800	4000 – 8000	128 – 256	64-128
Максимальный, чрезвычайно опасный	> 800	> 8000	> 256	>128

Для комплексной характеристики изменений в микроэлементном составе растительности нами предложен интегральный показатель – коэффициент биогеохимической трансформации Z_v , который

рассчитывается по формуле $Z_v = \sum_1^{n_1} Kc + \sum_1^{n_2} Kp - (n_1 + n_2 - 1)$, где n_1 , n_2 – количество МЭ с $Kc > 1,5$ и с

$Kp > 1,5$ соответственно. Как известно [4-6], растения реагируют на ухудшение состояния окружающей среды как накоплением, так и деконцентрацией микроэлементов, что обусловлено изменением интенсивности биологических процессов. Коэффициент Z_v отражает нарушение нормальных соотношений микроэлементов в органах растений, характерных для их фило- и онтогенетической специализации, и количественно описывает дисбаланс микроэлементов, возникающий в результате усиления антропогенной нагрузки. Градации коэффициента Z_v и соответствующие им уровни опасности пока не установлены.

Сравнение интегральных показателей загрязнения отдельных компонентов городских ландшафтов позволяет дать комплексную характеристику их эколого-геохимического состояния, а также выделить зоны современного, постоянного и реликтового загрязнения.

Так, по данным геохимических съемок 2008-2009 гг. территории Улан-Батора (Монголия) получена дифференцированная по функциональным зонам оценка загрязнения ТМ снежного покрова, почв и древесных растений (табл. 2). В результате ландшафты г. Улан-Батора можно оценить как слабозагрязненные: значения Z_c для твердой фракции снега и почв соответствуют низкому уровню загрязнения, а растения характеризуются слабой биогеохимической трансформацией. При этом существует потенциальная опасность загрязнения снеговой воды растворенными формами тяжелых металлов ($Z_c = 240$). Геохимическая неоднородность территории города проявляется в неодинаковом загрязнении функциональных зон, которое уменьшается в ряду промышленная > транспортная > селитебные > рекреационная. Она связана в основном с размещением источников загрязнения и варьированием сорбционных свойств почв.

Таблица 2

Оценка суммарного загрязнения компонентов ландшафтов г. Улан-Батор и его функциональных зон

Функциональная зона	Интегральные показатели загрязнения компонентов ландшафтов				
	Z_c снега		Z_c почв	Z_v вегетативных органов	
	взвесь	вода		тополя	лиственницы
Промышленная	22	216	11	13	24
Жилая, многоэтажная	3	89	16	13	23
Жилая, юрточная	23	431	9	13	17
Транспортная	-	-	11	14	21
Рекреационная	-	-	7	8	-
Город в целом	14	240	11	13	22

Несмотря на зимние температурные инверсии и существенное количество поллютантов, выпадающих из атмосферы, особенно в зимний период, в депонирующих средах формируются, как правило, слабоконтрастные аномалии. Ландшафты города обладают высоким потенциалом самоочищения, обусловленным преобладанием склоновых позиций рельефа, глубоким залеганием грунтовых вод, летним ливневым максимумом осадков, высокой водопроницаемостью почв и их низкой сорбционной емкостью, а также адаптивными механизмами городских растений.

Для территории Восточного административного округа (ВАО) Москвы построены карты суммарных выпадений ТМ, характеризующихся показателем Z_d снега, и распределения Z_c в почвенном покрове. Их сравнение позволило выделить *регрессивные* техногенные аномалии, проявляющиеся только в почвенном покрове, *неотрансгрессивные* – только в снеге, и *трансгрессивные* – и в снеге, и в почвах [2]. По содержанию ТМ в почвенном покрове территория ВАО характеризуется средним, умеренно опасным уровнем загрязнения со значением $Z_c=19,4$, резко повышаясь вблизи промзон «Перово», «Соколиная гора» и «Прожектор» до высокого, опасного уровня [7]. Эпицентры наиболее контрастных техногенных геохимических аномалий в снеге, выделенных по суммарному показателю иммиссии элементов Z_d , находятся на северо-востоке (район Ивановское) и северо-западе (район Перово) округа. Наложение на карту распределения Z_c в почвах карты показателя иммиссии элементов Z_d показало, что на большей части округа сформировались трансгрессивные аномалии. По соотношению Z_c почв и суммарных выпадений ТМ в центральной части округа близ промзоны «Перово» установлена регрессивная техногенная аномалия, наличие которой объясняется закрытием и перепрофилированием стационарных источников выбросов. На севере вдоль ш. Энтузиастов рядом с Терлецким парком зафиксирована неотрансгрессивная аномалия ТМ.

Литература

1. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве / Б.А. Ревич, Ю.Е. Саг, Р.С. Смирнова. М.: ИМГРЭ, 2006. 7 с.
2. Геохимия окружающей среды / Под ред. Ю.Е. Сага, Б.А. Ревича, Е.П. Янина и др. М.: Недра 1990. 335 с.
3. Методические рекомендации по оценке загрязнённости городских почв и снежного покрова тяжёлыми металлами / В.А. Большаков, Ю.Н. Водяницкий, Т.И. Борисочкина, З.Н. Кахнович, В.В. Мясников. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 1999. 32 с.
4. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.
5. Баргальи Р. Биогеохимия наземных растений. М.: ГЕОС, 2005. 457 с.
6. Добровольский В.В. Основы биогеохимии. М.: Высшая школа, 1998. 413 с.
7. Никифорова Е.М., Кошелева Н.Е., Касимов Н.С. Оценка загрязнения тяжелыми металлами почв Восточного округа г. Москвы (по данным 1989-2010 гг.) // Инженерная геология. 2011. № 3. С. 34-45.

УДК 550.4:630.114.363

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД В ЛЕСНОМ ПОЯСЕ ГОР СЕВЕРНОЙ МОНГОЛИИ

Ю.Н. Краснощек

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, e-mail: kyn47@mail.ru

Леса в Монголии занимают площадь около 11 млн. га и приурочены к горным системам северной части страны (Хангай, Хэнтэй, Прихубсугуль). Лесная растительность в горах имеет достаточно широкий высотный диапазон с четко выраженной вертикальной поясностью. Лесорастительному поясу соответствует высотно-поясной комплекс (ВПК) типов леса, объединяющий типы леса в систему экологических рядов и отражающий специфические зонально-провинциальные и высотные особенности климата и почв. В пределах Монголии выделены следующие лесорастительные пояса и соответствующие им классы ВПК: лесостепной, подтаежный, горно-таежный, псевдотаежный сухомшистый, подгольцовый, субальпийско-таежный [1].

Исследованиями в ряде горных сооружений Евразии показано, что наличие высотных ландшафтных поясов, наряду с биоклиматическими, обусловлено также и геохимическими факторами, в первую очередь, составом коренных и почвообразующих пород [2,3 и др.].

Сложное геологическое строение Монголии обуславливает большое разнообразие коренных горных пород, продукты выветривания которых образуют коры выветривания разного генезиса, минералогического и гранулометрического состава. Почвообразующими породами служат щебнисто-супесчаные и щебнисто-песчано-суглинистые отложения трех видов:

Элювий определенной коренной породы - магматической, метаморфической или осадочной (остаточная или новейшая кора выветривания).

Элювио-делювий или делювий определенной коренной породы (переотложенная кора выветривания определенного минералогического и гранулометрического состава).

Элювио-делювий или делювий разных коренных пород (переотложенная кора выветривания разного минералогического и гранулометрического состава).

Необходимо отметить, что мы, не пользуемся традиционными терминами «элювий», «элювио-делювий», «делювий», так как при современных методах почвенно-геохимических исследований далеко не всегда можно быть уверенным в правильном выделении элювия, элювио-делювия конкретных коренных пород. В горных условиях коренные породы часто перекрыты инородным материалом, который генетически не связан с ними. Это обстоятельство отмечено также в работах Б.Б. Полюнова [4], В.М. Фридланда [5]. Верхний горизонт перечисленных кор выветривания является тем субстратом, на котором развиваются современные почвы.

Гранулометрический состав почвообразующих пород различен. В зависимости от степени выветрелости содержание щебня неодинаково и колеблется от 15 до 80%. В отложениях водоразделов и верхних частях склонов преобладают фракции песка и крупной пыли. Отложения средних и нижних частей склонов отличаются повышенным содержанием фракции физической глины, содержание которой достигает 32-50%. Такое утяжеление гранулометрического состава связано с тем, что в процессе переотложения обломков коренных пород происходит их разрушение и измельчение.

По химическим свойствам почвообразующие породы значительно отличаются друг от друга. Реакция среды колеблется от кислой до щелочной. Содержание обменных катионов варьирует от 3,5 мг-экв – в отложениях остаточной коры выветривания гранитов, до 28,0-32,0 мг-экв – в отложениях коры выветривания известняков и доломитов. Значительно отличаются они и по валовому химическому составу – содержанию кремнезема, полуторных оксидов и щелочных металлов.

Источником поступления микроэлементов в почвы, как известно, служат горные породы, на продуктах выветривания которых формируется почвенный покров. Их вещественный состав в горных условиях зависит от соотношения местного и принесенного материала.

Парагенетическая ассоциация микроэлементов в исследуемых почвообразующих породах представлена Pb, Cu, Zn, Co, V, Cr, Ni, Mn, Mo, Ba, Sr, Zr и В. Ее состав отражает региональные геолого-геохимические особенности территории, связанные с широким развитием здесь кислых магматических интрузий, а также карбонатных осадочных пород.

Получены данные по микроэлементному составу рыхлых остаточных и переотложенных кор выветривания сформированных на водоразделах и склонах гор по классам ВПК типов леса. Особенности микроэлементного состава рыхлых покровных отложений различных лесорастительных поясов прослеживаются по величине кларка концентрации или рассеяния химических элементов. Наиболее высокие коэффициенты рассеяния (отношение кларка элемента в литосфере к его содержанию в данной породе) характерны для Mn, Co, Ni и Sr. Однако следует отметить, судя по коэффициентам рассеяния, наблюдается тенденция к их сужению от подгольцово-таежного (Mn – 3,80; Co – 3,67; Ni – 4,39; Sr – 3,20) к подтаежному и подтаежно-лесостепному (Mn – 2,26; Co – 1,26; Ni – 1,04; Sr – 1,59). Такая же тенденция отмечена и для кор выветривания карбонатных пород для марганца, кобальта и никеля: от псевдотаежного (Mn – 3,37; Co – 2,64; Ni – 3,51) к подтаежному и подтаежно-лесостепному ВПК (Mn – 2,22; Co – 1,42; Ni – 2,43).

Отчетливо прослеживается изменение величины соотношения характерных «геохимических пар» [6] в отложениях различных лесорастительных поясов. Так, например, величина отношения стронция к цирконию для остаточных и переотложенных кор выветривания магматических пород увеличивается от 0,816 – в подгольцово-таежном, до 1,648 – в подтаежном и подтаежно-лесостепном ВПК. Для остаточных

и переотложенных кор выветривания карбонатных пород величина отношения стронция к цирконию в псевдотаежном листовенничном ВПК равна 1,233, а в подтаежном и подтаежно-лесостепном – 3,558.

Величина отношения стронция к барью для остаточных и переотложенных кор выветривания магматических пород во всех классах ВПК типов леса меньше единицы, что характерно для гумидных и субгумидных условий. В карбонатных отложениях наблюдается увеличение содержания стронция, который изоморфно замещает кальций в кристаллической структуре минералов. Причем, в отложениях подтаежного и подтаежно-лесостепного ВПК отношение стронция к барью равно единице. Это, по-видимому, связано с тем, что основное количество почвенных разрезов приурочено к отложениям доломитовых пород, характеризующихся повышенным содержанием стронция осадочного в процессе галогенного осадконакопления [6].

Установлены существенные различия в концентрации микроэлементов между легкими и тяжелыми почвообразующими породами. По сравнению со средним содержанием в литосфере остаточные и переотложенные коры выветривания магматических пород тяжелого гранулометрического состава обогащены бором, хромом, ванадием, молибденом, цинком, медью и свинцом, в то же время в них меньше кобальта, никеля, бария, стронция, циркония и марганца. Для большинства микроэлементов в почвообразующих породах остаточных и переотложенных кор выветривания магматических пород легкого гранулометрического состава характерно относительно кларков литосферы сильное рассеяние. Только кларк концентрации бора и хрома указывает на преобладание процессов их накопления в данных породах. Отмечены значительные различия в концентрации микроэлементов в остаточных и переотложенных корах выветривания карбонатных пород в зависимости от их гранулометрического состава. В целом, для большинства микроэлементов карбонатных почвообразующих пород характерно относительно кларков литосферы сильное рассеяние. Однако, для бора и цинка – в породах тяжелого гранулометрического состава, бора – в породах легкого гранулометрического состава, отмечается более высокая концентрация по сравнению со средним содержанием в литосфере.

Наиболее часто встречаемые коэффициенты вариации концентрации микроэлементов в рассматриваемых почвообразующих породах равны 11-30%. Резко отличаются от этих показателей коэффициенты вариации для кобальта, марганца и стронция в остаточных и переотложенных корах выветривания магматических пород (45-80%), что можно объяснить неоднородностью гранулометрического состава, присутствием большого количества обломочного материала в мелкозем, содержащих эти элементы.

Таким образом, полученные данные по содержанию микроэлементов в почвообразующих породах основных классов ВПК типов леса в Северной Монголии свидетельствуют о резко различающемся их составе. Большое влияние на химический состав оказывают генетически не связанные с ними включения щебня и обломки горных пород. Кларки концентраций большинства изучаемых микроэлементов в почвообразующих породах относительно кларка литосферы составляют меньше единицы, что говорит о преобладании в них процессов рассеяния. Неоднородность почвообразующих пород, ландшафтно-геохимические условия миграции в системе высотных поясов, обуславливают значительную вариабильность концентрации большинства микроэлементов в педосфере горных лесов Северной Монголии.

Литература

1. Леса Монгольской Народной Республики. М.: Наука. 1978. 128 с.
2. Добровольский В.В., Ржаксинская М.В. Ландшафтно-геохимическая зональность северного склона Большого Кавказа// Геохимия ландшафта. М.: Наука. 1967. С. 125-140.
3. Кузьмин В.А. Геохимия почв юга Восточной Сибири. Иркутск: Изд-во Института географии им В.Б. Сочавы СО РАН. 2005. 137 с.
4. Польшов Б.Б. Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР. 1956. 751 с.
5. Фридланд В.М. Влияние степени выветрелости почвообразующих пород на процессы формирования почв в различных биоклиматических зонах//Почвоведение. №12. 1970. С. 5-15.
6. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. М.: Изд-во АН СССР. 1957. 238 с.

УДК 631.41

ИЗМЕНЕНИЕ БУФЕРНОЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВ ПО ОТНОШЕНИЮ К КАЛИЮ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ УГЛЕВОДОРОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ РАКЕТНОГО ТОПЛИВА

П.П. Кречетов, Т.М. Дианова, Т.В. Королева, Е.В. Терская
МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: krechetov@mail.ru

Поступление углеводородных компонентов ракетного топлива (УВК РТ) часто не оказывает долговременный токсический эффект на почвы, однако может приводить к нарушению свойств почв и доступности необходимых, для существования живых организмов, элементов питания.

Явления ионного обмена относятся к числу фундаментальных свойств почвы. От состава почвенного поглощающего комплекса зависят физические и химические свойства почв, способность почв поглощать и удерживать органические и неорганические вещества. Характеристикой способности почвы поддерживать определенный уровень концентрации калия в равновесном растворе и прочность связи калия с твердой фазой почвы является потенциальная буферная способность почв по отношению к калию (ПБС^К) и калийный потенциал (ΔG).

В общей форме состояние калия в почве оценивается по двум показателям: 1) потенциалом химического элемента – характеристикой определяемой как изменение энергии Гиббса в ходе реакции; 2) потенциальной буферной способностью почв по отношению к калию [1, 3]. Понятие потенциальная буферная способность

почв по отношению к калию и метод определения этой характеристики были предложены английским исследователем Бекеттом, который определил её как способность почвы поддерживать в растворе определенное соотношение активностей K^+ и Ca^{2+} и Mg^{2+} в ходе ионообменных реакций.

Значения потенциальной буферной способности почв по отношению к калию для разных почв наблюдаются в широких пределах [1]. Способность почвы отдавать калий в раствор и поглощать его из раствора зависят в первую очередь от емкости катионного обмена. Поэтому между потенциальной буферной способностью почвы и емкостью катионного обмена, а также между потенциальной буферной способностью почв и содержанием ила обычно наблюдается высокая положительная корреляция. На величину ПБС^к так же сильно влияет минералогический состав илистой фракции и в некоторой степени - содержание гумуса [1, 2,3,4].

Задача настоящих исследований заключалась в постановке серии экспериментов для оценки влияния УВК РТ на калийное состояние почв.

Изучение потенциальной буферной способности почв по отношению к калию проводили в почвенных образцах, различающихся по содержанию органического вещества и гранулометрическому составу. Исследуемая серия образцов почв (фоновых и обработанных УВК РТ), собранных на четырех территориях, включала: бурая лесная, горно-тундровая, серая лесная, темно-серая среднemocная, чернозем маломощный (Предгорья Алтая); болотная торфяная верховая (горизонты Оч и Т), дерново-подзолистая (Западная Сибирь); бурая пустынно-степная, песчаная пустынная (Казахстан); аллювиальная дерновая карбонатная (Московская область).

Определение потенциальной буферной способности почв по отношению к калию проводилось по следующей методике. Серию одинаковых навесок фоновой почвы и обработанной УВК РТ, заливали растворами 0,002 М CaCl₂ с разным содержанием в них калия. К первой навеске приливали раствор 0,002 М CaCl₂ без добавления калия, вторую навеску обрабатывали 0,002 М раствором CaCl₂ с добавлением 0,2 ммоль/дм³ KCl, третью навеску почвы – раствором 0,002 М CaCl₂ с 0,4 ммоль/дм³ KCl, четвертую - 0,002 М CaCl₂ с 0,6 ммоль/дм³ KCl, пятую - 0,002 М CaCl₂ с 0,8 ммоль/дм³ KCl и шестую навеску - 0,002 М CaCl₂ с 1,0 ммоль/дм³ KCl.

Почву с раствором взбалтывали для достижения равновесия, фильтровали и в фильтрате определяли содержание калия в ммоль/100 г почвы методом пламенной фотометрии. По изменению содержания калия в растворе после его взаимодействия с почвой вычисляли ΔК - количество калия, которое почва отдает в раствор или поглощает из раствора. В результате проведенного исследования были рассчитаны следующие

показатели: отношения активности ионов $ARo = a_{k^+} / \sqrt{a_{Ca^{2+}} + a_{Mg^{2+}}}$, потенциальной буферной способности калия (ПБС^к) (табл. 1) и построены диаграммы для определения ПБС^к (рис. 1).

Таблица 1

Показатели калийного состояния в фоновых почвах и при воздействии на них УВК РТ

Почва	ΔКо	ARo	ПБС ^к	G
Аллювиальная дерновая карбонатная	- 0,09	0,06	1,69	3940
Аллювиальная дерновая карбонатная УВГ	- 0,07	0,09	0,83	3360
Болотная торфяная верховая (гор. Оч) (Западная Сибирь)	- 3,38	0,54	6,25	839
Болотная торфяная верховая (гор. Оч) (Западная Сибирь) УВГ	- 4,68	0,92	5,07	110
Болотная торфяная верховая (гор. Т) (Западная Сибирь)	- 0,75	0,51	1,47	916
Болотная торфяная верховая (гор. Т) (Западная Сибирь) УВГ	- 0,47	0,56	0,84	783
Бурая лесная (Алтай)	- 1,18	0,46	2,58	1065
Бурая лесная (Алтай) УВГ	- 0,60	0,41	1,47	1208
Бурая пустынно-степная (Казахстан)	- 0,32	0,18	1,80	2351
Бурая пустынно-степная (Казахстан) УВГ	- 0,24	0,17	1,48	2456
Горно-тундровая (Алтай)	- 0,68	0,31	2,21	1597
Горно-тундровая (Алтай) УВГ	- 0,29	0,24	1,21	1960
Дерново-подзолистая (Западная Сибирь)	- 0,20	0,18	1,10	2308
Дерново-подзолистая (Западная Сибирь) УВГ	- 0,12	0,17	0,73	2452
Песчаная пустынная (Казахстан)	- 0,26	0,21	1,22	2119
Песчаная пустынная (Казахстан) УВГ	- 0,12	0,21	0,58	2121
Серая лесная (Алтай)	- 0,66	0,41	1,60	1203
Серая лесная (Алтай) УВГ	- 0,62	0,38	1,65	1325
Темно-серая среднemocная (Алтай)	- 0,13	0,05	2,55	4025
Темно-серая среднemocная (Алтай) УВГ	- 0,10	0,06	1,85	3931
Чернозем малогумусный (Алтай)	- 0,28	0,09	3,11	3273
Чернозем малогумусный (Алтай) УВГ	- 0,19	0,09	2,03	3218

Значение ARo является показателем соотношения активностей ионов характерное для почвы, при котором не происходит обмена ионов между почвой и почвенным раствором. Величина ARo колеблется в

диапазоне от 0,05 до 0,6. Минимальные значения были определены в темно-серой среднесиловой почве и аллювиальной дерновой, а максимальные - в органогенных горизонтах болотной торфяной верховой почвы.

Внесение УВК РТ не оказало достоверного влияния практически на все исследованные почвы за исключением горизонта Оч болотной торфяной верховой почвы, где данный показатель возрос почти в 2 раза.

Расчет величины потенциальной буферной способности калия в фоновых почвах колеблется от 0,8 до 6,25. Минимальные и максимальные значения отмечены для двух горизонтов болотной торфяной верховой почвы Оч и Т, соответственно. Для органоминеральных горизонтов величина потенциальной буферной способности калия находится в диапазоне от 1 до 2,5.

Обработка почвы УВК РТ привела к подавлению протекания процессов ионного обмена и снижению потенциальной буферной способности калия в 1,2-2,1 раза. Единственная почва, которая не отреагировала на поступление УВК РТ – серая лесная (Алтай).

Уменьшение буферной способности почв, по-видимому, связано с блокадой обменных центров неполярными компонентами углеводородного ракетного топлива.

Проведенный анализ полученной величины калийного потенциала (ΔG) во всех исследованных фоновых почвах выявляет колебания от 839 кал до 4025 кал и, учитывая этот разброс значений, можно разделить почвы по обеспеченности калием на 3 группы (табл. 1).

Первая группа - почвы с недостаточной обеспеченностью калием, для которых характерны максимальные значения ΔG более 3000 кал. К этой группе относятся: аллювиальная дерновая карбонатная почва, темно-серая среднесиловая почва (Алтай) и малогумусный чернозем (Алтай) (табл. 1).

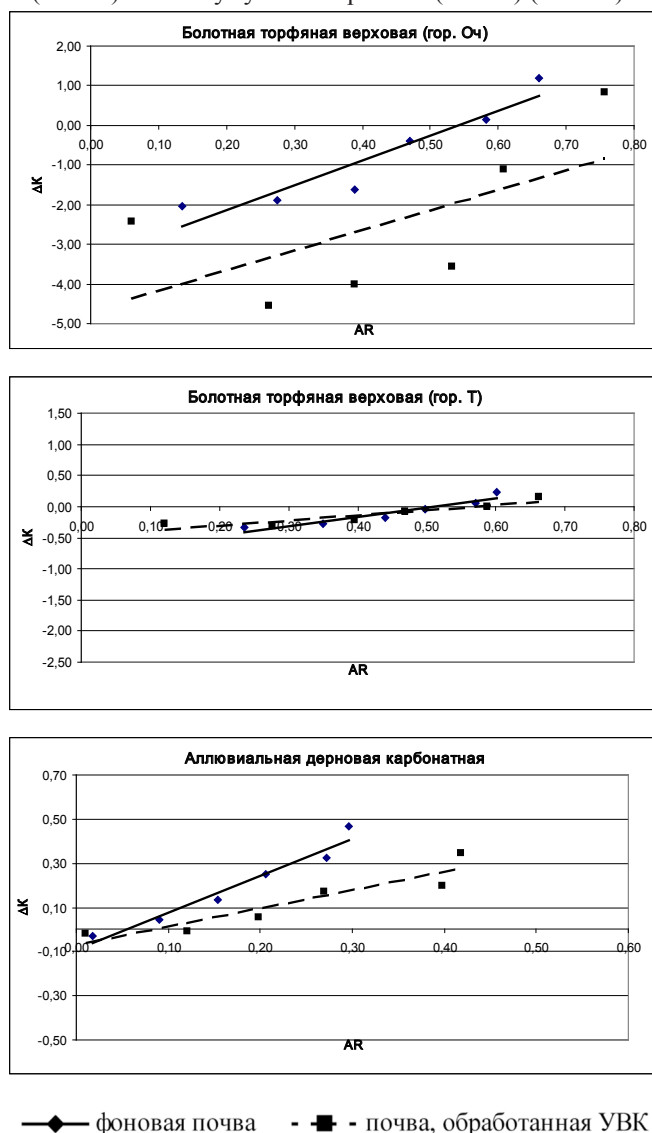


Рис. 1. Диаграммы для определения потенциальной буферной способности калия в фоновых почвах и почвах после обработки УВК РТ.

Вторая группа почв с оптимальной обеспеченностью калием и величиной калийного потенциала в диапазоне 3000-2000 кал. В этой группе находятся бурая пустынно-степная почва (Казахстан), дерново-подзолистая почва (Западная Сибирь), песчаная пустынная почва (Казахстан).

Третья группа объединяет почвы, в которых доступный калий присутствует в избытке, и имеют

величину ΔG - менее 2000 кал. Почвы этой группы представлены болотной торфяной верховой (горизонты Оч и Т) (Западная Сибирь), бурой лесной, серой лесной и

горно-тундровой (Алтай). Для этих почв характерно повышенное содержание органического углерода и легкий гранулометрический состав, что, по-видимому, обеспечивает высокую доступность калия для растений.

Загрязнение почв УВК РТ вызывает неоднозначное влияние на величину калийного потенциала. Так, прослеживается снижение калийного потенциала на 729 кал в болотной торфяной верховой (Оч) почве, на 280 кал – в аллювиальной дерновой карбонатной, на 133 кал – в болотной торфяной верховой (Т), на 94 кал – в темно-серой среднемошной, на 54 кал – в черноземе малогумусном). Почва, для которой внесение УВК РТ не оказало влияния на величину калийного потенциала – песчаная пустынная (Казахстан).

Для большей части почв калийный потенциал увеличивается на 102–363 кал. Объяснить такое явление можно легким гранулометрическим составом этой почвы и практическим отсутствием в ней органического вещества (содержание органического углерода менее 0,1%).

Литература

1. Горшкова Е.И., Массуд А.Р. Потенциальная буферная способность по отношению к калию почв зонально-генетического ряда. Агрохимия. 1984. № 10. С. 86–922.
2. Канунникова Н.А., Ковриго В.П., Дзюин Г.П. Исследование ионообменного равновесия калия в дерново-подзолистых почвах Удмуртии. Почвоведение. 1980. № 6. С. 104–111.
3. Соколова Т.А., Куйбышева И.П. Калийный потенциал и потенциальная буферная способность серых лесных почв по отношению к калию. Почвоведение. 1988. № 3. С. 40–52.
4. Шаймухаметов М.Ш., Никитина Л.В., Бабарина Э.А., Князева Н.В. Обменный калий и калийный потенциал как показатели обеспеченности дерново-подзолистых почв обменным калием. Почвоведение. 1991. № 7. С. 78–86.

УДК 631

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АЭРОЗОЛЕЙ ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЫ В ВЫСОКОГОРНЫХ И ОСТРОВНЫХ ЛАНДШАФТАХ

Т.М. Кудерина

Институт географии РАН, Москва, e-mail: tmkud@yandex.ru

Важным аспектом изучения геохимических особенностей ландшафтов является определение атмогеохимического потока вещества. Аэрозоли выступают как индикаторы результирующего взаимодействия приземной атмосферы с подстилающей поверхностью.

Геохимическое состояние компонентов ландшафтных систем – почв и геологических пород, поверхностных и грунтовых вод, растительности – определяет свойства формирующегося над этим районом аэрозоля. При перемещении воздушных масс происходит обмен веществом в верхних ярусах ландшафтно-геохимических систем. Особенно ярко это взаимодействие проявляется в ландшафтно-геохимических аренах (ЛГА) средних широт с участием высокогорий и окружающих аридных равнин.

Геохимическое исследование приземного аэрозоля с учетом всех компонентов ландшафта легло в основу нашего эксперимента. Для этого был создан полевой аэрозольный аспирационный пробоотборник при сотрудничестве с НИФХИ им. Л.Я. Карпова. Отличие этого прибора от аналогов – длительная автономность работы в фоновых условиях.

В качестве ключевых участков исследования были выбраны фоновые ландшафты в высокогорных районах Северного Кавказа, Алтая, а также островные экосистемы высоких широт. Высокогорные ландшафты выступают как своеобразные геохимические фильтры, находящиеся выше деятельного слоя, которые могут отражать обратный аэральный поток вещества в ЛГА с окружающих аридных равнин, сравнимый с прямым, объединяющим речной, подземный и твердый сток с гор.

Для характеристики изучаемых ландшафтов измерялись текущие наземные метеопараметры, проводилось описание и отбор проб всех компонентов ландшафта с последующим определением механического состава, влажности, химического состава почв и воды, видового состава и химизма растительности. Также использовались результаты построения обратных траекторий воздушных масс за исследуемый период.

Определение содержания тонкодисперсного аэрозоля в высокогорных ландшафтах основывалось на методике ландшафтно-геохимических исследований [1, 2]. Точки наблюдения закладывались на автономных позициях ключевых территорий, на наветренных склонах на высоте 1500–2500 м над уровнем моря. Химический состав аэрозоля и почв определялся методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-AES).

При анализе химического состава атмосферного аэрозоля при западном переносе в фоновых высокогорных ландшафтах Северного Кавказа и Алтая выявлены элементы глобального, регионального и локального значения [3].

В атмосферном аэрозоле выше пограничного слоя на Кавказе присутствует большое количество солей (Na, S), вероятно, морского происхождения. Приземная атмосфера Кавминвод (г. Большое Седло), характеризующаяся деятельным слоем с интенсивным антропогенным участием, обогащена многими элементами. По мере продвижения воздушных масс на восток к Алтаю происходит обогащение терригенными элементами (Al, Si, Li). Элементы регионального значения, в том числе и тяжелые металлы, могут выступать индикаторами техногенного влияния окружающих промышленных областей на высокогорья Кавказа и Алтая.

Для ландшафтно-геохимического мониторинга рассчитаны коэффициенты аэрозольной концентрации [4], равные отношению содержания элемента в аэрозоле к содержанию в земной коре.

Таблица 1

Элемент	КАВКАЗ			АЛТАЙ
	Джуга	Большое Седло	Шатжатмаз	
Элементы глобального значения				
Al	3,662	14,812	4,159	12,459
Si	9,182	28,268	0,956	20,055
S	41,409	13,167	40,238	12,459
Li	0,010	0,013	0,012	20,055
Na	38,825	8,051	48,080	6,878
Mg	1,098	3,491		4,219
K		5,344	0,134	5,568
Rb				0,033
Sr		0,075		0,141
Cs		0,001		0,002
Ba	0,135	0,148	0,027	0,259
Ca	3,836	24,233	4,080	18,540
Элементы регионального и локального значения				
Se				0,024
Sb		0,002		0,003
Sc				0,067
Fe		0,842		6,216
Co				0,006
Ni				0,146
Cu	1,715	0,640	2,179	0,712
Zn				0,212
Y				0,009
Zr		0,037		0,017
Cd	0,003	0,001		
Hg	0,015			0,003
Pb	0,015	0,022		0,291
Sn		0,019	0,135	0,038

Таблица 2

Интенсивность аккумуляции элементов в атмосферном аэрозоле

Место наблюдения	Ассоциации накапливаемых элементов (Ka>1)		
	100n	10n	n
Западный Кавказ, г. Джуга	Hg,S,Cu,Cd	Na	Pb,Li,Ba,Ca
Кавминводы, г.Большое Седло	S,Cu	Cd,B,Pb	Ca,Li,Na,Ba,K,Mg,Al,Ti,Cs
Приэльбрусье, г.Шатжатмаз	S,Cu	Na	Li,Ca
Алтай, запад Катунского хребта	Se,S,Hg,Pb,Sn,Cu	Sc,Sb,Yb,Zn,Ni	Ca,Cs,Li,Sr,Ba,Co,Y,Na,Mg,K,Rb,Al,La,Fe,Zr
Алтай, г.Белуха	Se,S,Ag	Cd,Sn,Zn,Hg,Pb,Sb,W,Sc	Yb,Ga,Ni,Ba,Zr,Ca
Алтай, север Катунского хребта	Hg	S,Li	

Анализ химического состава тонкодисперсного аэрозоля при перемещении воздушных масс с равнин Евразии на изучаемые горные системы показывает, что главным элементом глобального значения является сера, кларки аэрозольной концентрации (Ka) которой на Алтае достигают 470-740, а на Кавказе – 480-830.

Индикаторные элементы регионального и локального значения на Алтае – селен и сурьма, а на Кавказе – медь. Типичным литогенным элементом для горных ландшафтов является литий: Ка на Алтае 6-7, на Кавказе – 4-5. В горных аэрозолях наблюдаются высокие концентрации тяжелых металлов, происхождение которых требует дополнительного изучения. Существует несколько вероятных путей поступления этих элементов в горные ландшафты – выветривание горных пород, наличие мощных горно-обогатительных комбинатов и дальний перенос.

В табл. 3 представлены результаты геохимических исследований основных компонентов берегового ландшафта – морская вода, поверхностный водоток, типичная растительность (мятлик арктический и ложечная трава), поверхностные горизонты почвы и атмосферные аэрозоли Западного Шпицбергена [5].

В выветриваемых поверхностных горизонтах почв отмечаются повышенные концентрации литогенных элементов (Li, Al) и тяжелых металлов (Zn, Cd, Mo). Сосудистая растительность обладает способностью к безбарьерному избирательному накоплению элементов. При этом происходит биогеохимическое накопление элементов, находящихся в этих ландшафтах в рассеянном состоянии.

Огромное количество растворенного вещества выносится с поверхностным стоком, в котором важную роль играет повышенное содержание металлов как литогенного (Li, Ti), так и антропогенного (Sr, Ni) происхождения.

Таблица 3

Содержание химических элементов в компонентах элементарных геохимических ландшафтов (Шпицберген)

Компонент ландшафта	Коэффициенты концентрации (Кк)			
	Более 100	100-50	50-10	Менее 10
Морская вода	Mg, K, Ti, Se	Rb, Sr	Li, Ca, Fe, Co, Ni	Na, Cr, Cd
Ручей		Ni, Se	Li, Sr, Ti, Mn, Co	Na, Mg, Ca, Rb, Cr, Fe
<i>Poa arctica</i>		Ag	Ti	Li, Na, Mg, Al, K, Rb, Sr, Cr, Mn, Fe, Co, Zn, Ga, As, Br, Se, Cd, U
<i>Oxyria digyna</i>			Na, Al, Ti, Ga, As, Br, Ag, Cd, U	Li, Mg, K, Rb, Sr, Cr, Mn, Fe, Co, Zn, Se
Почвы (A1)			Se	Li, Mn, Zn, U, Al, Mo, Cd
Аэрозоль	Se, Ag, Cd, Zn		Li, Co, Cu, Ni	Mg, Al, K, Rb, Ti

На аэрозоль в приземном слое воздуха влияет и море, и подверженные интенсивному выветриванию горные породы. При западном переносе повышенные Кк характерны для таких элементов как Se, Zn и Al. При северо-восточном – при прохождении через территорию архипелага Шпицберген – наблюдается обогащение терригенными элементами и тяжелыми металлами. Вклад атмосферной составляющей в береговые ландшафты острова состоит в местном перераспределении элементов между элементарными ландшафтами и в привносе новых, которые не типичны для геологических пород острова.

Особо хочется отметить высокие концентрации Se во всех компонентах ландшафта. Видимо, основным источником атмосферного обогащения является угольная пыль и кислые почвы района [1].

Таким образом, в условиях современного изменения состояния окружающей среды изучение геохимических особенностей аэрозолей в приземной атмосфере позволяет определить условия их формирования в ландшафтах, пути миграции и влияния на сопредельные территории. Полученные данные свидетельствуют о том, что высокогорные и островные ландшафты, имеющие четкие взаимосвязи в ландшафтно-геохимических системах, являются хорошей природной лабораторией для проведения исследований региональных и глобальных атмогеохимических потоков.

Литература

1. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов. М.: Географический факультет МГУ. 2007. 350 с.
2. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрель-2000., 1999. 768 с.
3. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник. В 6 кн. Под ред. Э.К. Буренкова. М.: Недра. 1994.
4. Авессаломова И.А. Геохимические показатели при изучении ландшафтов. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1987. 108 с.
5. Кудерина Т.М., Тертицкий Г.М. Влияние колоний морских птиц на ландшафтно-геохимическое состояние береговых экосистем (о. Западный Шпицберген). Изменение окружающей среды и климата: природные и связанные с ними техногенные катастрофы. ТЗ. Ч.2 М.: ИГРАН, ИФЗРАН, 2008. С.251-257.

УДК 504.4.054:058

**ДИНАМИКА ЕСТЕСТВЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ
В АКВАЛЬНЫХ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСАХ И ОЦЕНКА ИХ СПОСОБНОСТИ К
САМООЧИЩЕНИЮ**

А.Н. Кузнецов

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, e-mail: andreikuz@mail.ru

Нефть и нефтепродукты относятся к числу приоритетных загрязняющих веществ. В наибольшей степени их воздействию подвержены водные объекты суши, прибрежные морские акватории и побережья. Эксплуатация нефтяных месторождений шельфа, деятельность портовых терминалов, высокая интенсивность циркуляции судов являются источниками хронического загрязнения и создают риск возникновения аварийных ситуаций, которые уже неоднократно порождали экологические катастрофы локального и даже регионального уровня. Ярким тому примером является крупная авария на нефтедобывающей платформе Deepwater Horizon в Мексиканском заливе (апрель 2010 г.). Поэтому изучение процессов естественной трансформации нефти и нефтепродуктов и оценка способности водных объектов и побережий к самоочищению представляют важную научную задачу.

Проблема оценки устойчивости природных комплексов к нефтяному загрязнению и их классификации на этой основе впервые нашла отражение в работах американских геоморфологов E.R. Gundlach и M.O. Hayes [1] применительно к литорали. Ими был разработан т.н. индекс чувствительности среды (ESI), предполагающий ранжирование различных участков побережья в зависимости от способности слагающих их горных пород и пляжей сорбировать и удерживать нефть, создавать условия для ее захоронения. Из российских разработок следует отметить цикл публикаций группы исследователей Московского государственного университета по главе с М.А. Глазовской. В частности, в статье В.В. Батояна [2] «Принципы районирования территории СССР по устойчивости поверхностных вод к загрязнению при нефтедобыче» автором выделяются три группы факторов, оказывающих влияние на трансформацию нефти в водной среде: климатические, гидродинамические и гидрохимические, а для их учета при районировании поверхностных вод суши предлагается использовать сумму активных температур, годовой слой стока и окисляемость воды. Интересный подход к оценке уязвимости побережий предложил французский географ P. Fattal [3]. В его интегральном индексе учитываются как природные (гидрометеорологические, геоморфологические, биологические), так и социально-экономические факторы (плотность, мобильность и удаленность от береговой линии хозяйственных объектов и инфраструктуры, надежность и эффективность системы предотвращения загрязнения и борьбы с его последствиями). В научной литературе можно найти и другие методы и подходы оценки и районирования водных объектов и побережий по их устойчивости (уязвимости) к нефтяному загрязнению. В основном, они сводятся к балльной градации критериев оценки одного или нескольких факторов, влияние которых априори принимается равнозначным, либо вводятся условные весовые коэффициенты, не подтвержденные результатами натурных наблюдений.

В настоящей работе рассматриваются результаты многолетних натурных наблюдений автора за изменением уровня и компонентного состава нефтяного загрязнения в районах аварийных разливов, на этой основе предпринимается попытка ранжировать природные факторы по степени их влияния на данный процесс и разработать метод количественной оценки способности аквальных природных комплексов к самоочищению.

Исследования выполнялись на малых водотоках бассейна Нижнего Дона, атлантическом побережье Франции и в Керченском проливе [4, 5]. На водотоках бассейна Нижнего Дона (р. Крепкая и ее притоки, р. Тузлов), загрязненных в результате двух разрывов магистрального нефтепровода Лисичанск – Тихорецк (октябрь 1993 г., апрель 1996 г.), наблюдения охватывали период 1993–2004 гг. На западном побережье Франции (департаменты Атлантическая Луара и Вандея), пострадавшем в результате крушений танкеров «Эрика» (декабрь 1999 г.) и «Престиж» (ноябрь 2002 г.), мониторинг проводился совместно с учеными из Института географии и регионального обустройства Университета Нанта в период 1999–2009 гг. В Керченском проливе, где в ноябре 2007 г. в результате крушения танкера «Волгонефть-139» произошел разлив мазута, исследования начаты в 2007 г. и в настоящее время продолжаются. Выполненные работы включали визуальную оценку уровня нефтяного загрязнения береговой зоны, опробование воды, колонок береговых и донных отложений, сбор образцов нефтяных агрегатов. Анализ проб выполнялся с использованием колоночной и тонкослойной хроматографии, оптических и гравиметрических методов, позволяющих отдельно определять суммарное содержание алифатических, нафтеновых, моно- и диароматических углеводородов (УВ), полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) и смолистых компонентов – смол и асфальтенов (СК), а также выявлять присутствие углеводородов современного биологического происхождения.

По результатам исследований установлено, что в депонирующих средах водных объектов (донные и береговые отложения, кристаллические горные породы) с течением времени вследствие естественной трансформации происходит закономерное снижение как общего уровня загрязнения, так и соотношения между лабильной (углеводородной) и консервативной (смолисто-асфальтеновой) фракциями (УВ/СК). При этом доля ПАУ, по структуре и свойствам занимающих промежуточное положение между углеводородами и смолистыми веществами, длительное время сохраняется на исходном уровне.

Изменение соотношения УВ/СК хорошо аппроксимируется убывающей экспоненциальной кривой (рис. 1). Это дает возможность использовать для описания скорости процесса такой показатель, как полупериод трансформации ($T_{1/2}$). В рассмотренных случаях его значения варьировали от одного года до 35 лет. Наибольшей скоростью самоочищения характеризовались скалистые побережья, песчано-гравийные пляжи

и участки рек с грубообломочными донными отложениями, характеризующиеся высокой подвижностью водной толщи и ее насыщенностью кислородом. В то же время, в однотипных природных условиях ключевым фактором, определяющим различие скорости распада поллютанта, является его дисперсность, от которой зависит поверхность контакта с воздухом, морской водой и субстратом. Наименее активно трансформируются крупные скопления нефтепродуктов (рис. 1).

Множественный регрессионный анализ результатов многолетних натуральных наблюдений позволил получить следующее уравнение, количественно описывающее влияние природных факторов на скорость трансформации поллютанта в донных отложениях малых водотоков:

$$k = 0,48T + 0,26V + 0,10S + 0,09B + 0,07D,$$

где k – константа скорости трансформации нефтяного загрязнения (она равна доле поллютанта, распадающегося за сутки, и связана с полупериодом трансформации выражением $k = \ln 2 / T_{1/2}$); T – годовая сумма положительных среднесуточных температур; V – скорость течения; S – сорбционная способность донных отложений; D – средняя глубина участка водного объекта; B – произведение относительного содержания растворенного кислорода и БПК₅. Все входящие в уравнение переменные выражены в баллах пятибалльной шкалы. При оптимальном сочетании факторов самоочищения k равен пяти ($T_{1/2} < 1$ года), а при наименее благоприятном – одному баллу ($T_{1/2} > 20$ лет). Это уравнение может быть использовано для оценки способности водотоков к самоочищению при нефтяном загрязнении.

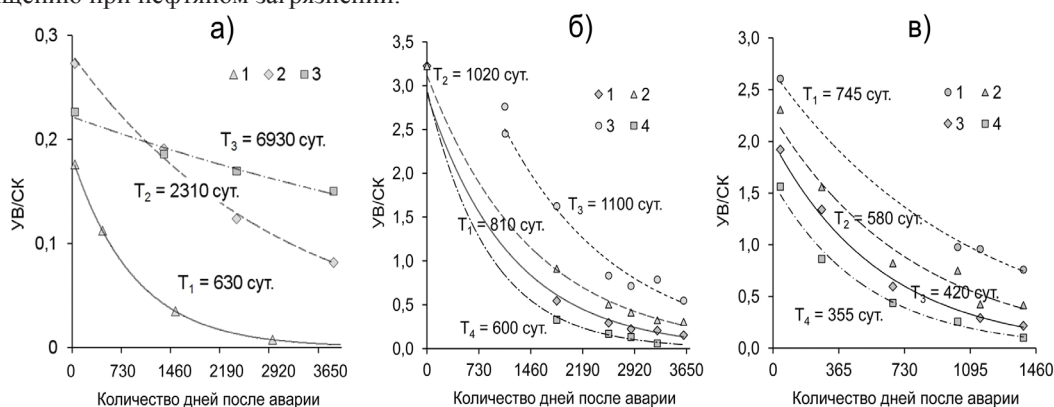


Рис. 1. Изменение состава нефтяного загрязнения с течением времени: а – донные отложения водотоков бассейна Нижнего Дона: 1 – песчано-гравийные отложения, 2 – песок илистый, 3 – ил заболоченного ручья; б – западное побережье Франции: 1 – тонкие пленки мазута на скалах зоны прилива, 2, 3 – корки мазута в трещинах скал зоны прилива, 4 – песчано-илистый пляж; в – побережье Керченского пролива: 1 – крупные скопления мазута, укрытые от воздействия прибоя; 2 – толстые корки мазута на блоках известняка; 3 – тонкие пленки на скальных блоках; 4 – мазутные агрегаты с примесью песка и растительных остатков на песчаных пляжах. T – средние значения полупериодов трансформации (индекс соответствует номеру в легенде).

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки России (Госконтракт 14.740.11.1045, гранты Президента РФ НШ-8030.2010.5, НШ-5658.2012.5, МК-4216.2010.5).

Литература

1. Gundlach E.R., Hayes M.O. Classification in terms of potential vulnerability to oil spill impact // Marine Technology Society Journal. 1978. Vol. 12 (4). P. 18–26.
2. Батоян В.В. Принципы районирования территории СССР по устойчивости поверхностных вод к загрязнению при нефтедобыче // Ландшафтно-геохимическое районирование и охрана среды. Вопросы географии. Сборник 120 / Под ред. М.А. Глазовской. М.: Мысль, 1983. С. 118–130.
3. Fattal P. Pollution des cotes par les hydrocarbures. Rennes: Presses Universitaires de Rennes, 2008. 395 p.
4. Федоров Ю.А., Страдомская А.Г., Кузнецов А.Н. Закономерности трансформации нефтяного загрязнения в водотоках по данным многолетних наблюдений // Водные ресурсы. 2006. Т. 33. № 3. С. 327–337.
5. Кузнецов А.Н., Федоров Ю.А. Закономерности распределения и трансформации нефтяного загрязнения в районе техногенной катастрофы в Керченском проливе // Известия Русского географического общества. 2010. Т. 142. Вып. 2. С. 53–59.

УДК 631.4

БУФЕРНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОЧВ БАСЕЙНА ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА

О.В. Кузнецова, О.А. Ельчинова

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Горно-Алтайский филиал, Республика Алтай
e-mail: gafivep@mail.gornyu.ru

Телецкое озеро и его притоки, особенно р. Чулышман (1-го порядка), р. Башкаус (2-го порядка) и др. в настоящее время привлекают внимание многочисленных туристов. Бурное развитие туризма усиливает воздействие человека на экосистемы бассейна Телецкого озера, важнейшим компонентом

которых являются почвы. Они требуют к себе внимательного и бережного отношения не только, как к естественной базе для поселения людей, основе для создания рекреационных зон, но и природному барьеру, сдерживающему поступление загрязняющих веществ в растения и сопредельные среды. В почве пересекаются все потоки вещества и энергии, поступающие извне. Именно почвенный покров в конечном итоге принимает на себя все давление коммунальных выбросов и отходов, выполняя важнейшую роль буфера и детоксиканта. Поэтому буферность почв к различным токсичным веществам, среди которых приоритетное место занимают тяжелые металлы, служит важным показателем устойчивости экосистем в целом.

Цель исследования – определение физико-химических свойств и изучение их влияния на буферность по отношению к тяжелым металлам основных типов почв исследованной территории.

Почвенный покров бассейна Телецкого озера, расположенного в горах юга Западной Сибири, представлен в основном почвами горно-лесного (горно-лесными серыми, горно-лесными бурыми) и степного (каштановыми) поясов, по пологим берегам озера и долинам притоков, в условиях повышенного увлажнения формируются интразональные почвы (аллювиальные луговые, аллювиальные лугово-болотные).

Физические и физико-химические свойства почвы определяли общепринятыми в почвоведении и агрохимии методами, буферную способность – по шкале буферности почв по отношению к тяжелым металлам, разработанной В.Б. Ильиным [1,2] на базе данных об инактивирующем влиянии на тяжелые металлы свойств и состава почвы, которое ранее было достаточно полно изучено Г.Я. Ринькисом [3], в специально поставленных вегетационных опытах с сельскохозяйственными культурами, где в качестве субстрата использовался отмытый кварцевый песок, при постепенном возрастании дозы раздельно вносимых гумуса, физической глины, карбонатов, оксидов железа и алюминия или изменении рН.

Буферные свойства почв влияют на подвижность тяжелых металлов, их доступность растениям, способность к миграции. Чем выше буферная способность почвы, тем большее количество элементов она в состоянии переводить в малодоступные растениям и слабо мигрирующие соединения.

До тех пор, пока тяжелые металлы прочно связаны с составными частями почвы и труднодоступны, их отрицательное влияние на нее и окружающую среду будет незначительным. Если создавшиеся условия позволяют перейти токсикантам в почвенный раствор, появляется опасность загрязнения почв, возникает вероятность проникновения их в растения, а также в организм человека.

К факторам, способствующим удержанию ТМ почвой, относятся: обменная адсорбция на поверхности глин, образование комплексных соединений с гумусом, поглощение гидратированными оксидами алюминия, железа, марганца и т. д, а также формирование нерастворимых соединений, особенно в восстановительных условиях.

В мировой и отечественной науке имеются материалы по изучению буферности почв по отношению к тяжелым металлам [1,2,4], дана оценка для Западной Сибири [1], Западного Забайкалья [5], Украинского Полесья [6].

Так как почвы бассейна Телецкого озера относятся к слабокислым, близким к нейтральным и слабощелочным, то имеет значение буферность к загрязнению их тяжелыми металлами, подвижными как в кислой, так и щелочной среде.

Таблица 1

Буферная способность почв бассейна Телецкого озера по отношению к элементам, подвижным в кислой среде

Тип почвы	Компоненты почвы, определяющие ее буферность					Сумма баллов	Степень буферности
	рН _v	гумус %	физ.глина	R ₂ O ₃	карбонаты		
Горно-лесные серые	$6,3 \pm 0,1$	$6,8 \pm 0,6$	$22,2 \pm 2,6$	$6,6 \pm 0,2$	не обн.	31,0	повышенная
	7,5	6,5	10,0	7,0			
Горно-лесные бурые	$6,1 \pm 0,1$	$9,4 \pm 0,5$	$38,8 \pm 4,2$	$7,1 \pm 0,3$	не обн.	32,5	повышенная
	7,5	8,0	10,0	7,0			
Каштановые	$7,6 \pm 0,1$	$4,4 \pm 0,6$	$16,0 \pm 1,6$	$3,8 \pm 0,3$	$2,2 \pm 0,0$	37,0	повышенная
	15,0	5,0	5,0	5,5	6,5		
Интразональные	$6,0 \pm 0,0$	$5,5 \pm 0,4$	$20,0 \pm 2,6$	$6,0 \pm 0,3$	не обн.	22,0	средняя
	5,0	5,0	5,0	7,0			

Примечание: в числителе – среднее значение показателя ± ошибка средней арифметической; в знаменателе – количество баллов, полученных за счет долевого участия компонента почвы.

Таблица 2

Доля участия компонентов почвы, определяющих ее буферность по отношению к элементам, подвижных в кислой среде, %

Тип почвы	рН _v	Гумус	Физ.глина	R ₂ O ₃	Карбонаты
Горно-лесные серые	24,2	21,0	32,3	22,5	0
Горно-лесные бурые	23,1	24,6	30,8	21,5	0
Каштановые	40,5	13,5	13,5	14,9	17,6
Интразональные	22,7	22,7	22,7	31,9	0

Буферная способность почв бассейна Телецкого озера по отношению к элементам, подвижным в щелочной среде

Тип почвы	Компоненты почвы, определяющие ее буферность					Сумма баллов	Степень буферности
	pH _v	гумус, %	физ.глина	R ₂ O ₃	карбонаты		
Горно-лесные серые	$\frac{6,3 \pm 0,1}{10,0}$	$\frac{6,8 \pm 0,6}{6,5}$	$\frac{22,2 \pm 2,6}{10,0}$	$\frac{6,6 \pm 0,2}{7,0}$	не обн.	33,5	повышенная
Горно-лесные бурые	$\frac{6,1 \pm 0,1}{10,0}$	$\frac{9,4 \pm 0,5}{8,0}$	$\frac{38,8 \pm 4,2}{10,0}$	$\frac{7,1 \pm 0,3}{7,0}$	не обн.	35,0	повышенная
Каштановые	$\frac{7,6 \pm 0,1}{2,5}$	$\frac{4,4 \pm 0,6}{5,0}$	$\frac{16,0 \pm 1,6}{5,0}$	$\frac{3,8 \pm 0,3}{5,5}$	$\frac{2,2 \pm 0,00}{9,5}$	27,5	средняя
Интразональные	$\frac{6,0 \pm 0,0}{12,5}$	$\frac{5,5 \pm 0,4}{5,0}$	$\frac{20,0 \pm 2,6}{5,0}$	$\frac{6,0 \pm 0,3}{7,0}$	не обн.	29,5	средняя

Таблица 4

Доля участия компонентов почвы, определяющих ее буферность по отношению к элементам, подвижным в щелочной среде, %

Тип почвы	pH _v	Гумус	Физ.глина	pH _v	R ₂ O ₃	Карбонаты
Горно-лесные серые	29,9	19,4	29,8	29,9	20,9	0
Горно-лесные бурые	28,6	22,8	28,8	28,6	20,0	0
Каштановые	9,1	18,2	18,2	9,1	20,0	34,6
Интразональные	42,4	16,9	16,9	42,4	23,8	0

Было установлено, что почвы горно-лесного пояса обладают повышенной степенью буферности по отношению к элементам, подвижным как в кислой, так и щелочной среде (табл. 1,3), что обусловлено, в первую очередь, высоким содержанием тонкодисперсных частиц. Доля участия физической глины в формировании буферности почв достигает 1/3 (табл. 2,4) благодаря высокой адсорбционной способности глинистых минералов. Увеличение дисперсности приводит к увеличению количества поглощенных тяжелых металлов и к усилению прочности их закрепления на поверхности высокодисперсных частиц.

По отношению к элементам, подвижным в кислой среде, доля участия остальных компонентов (гумуса, pH и полуторных оксидов) примерно одинакова и колеблется в пределах от 21,0 до 24,2%. По отношению к элементам, подвижным в щелочной среде, ведущая роль в формировании буферности принадлежит слабокислой реакции среды почв горно-лесного пояса (28,6-29,9%), которая отчасти формируется за счет гумуса - органического вещества почвы, образующегося в ходе разложения растительных и животных остатков и продуктов их жизнедеятельности. Тяжелые металлы могут связываться с органическим материалом, имеющим соответствующие анионы, образуя соли органических кислот, органические коллоидные системы, комплексы и хелаты.

Для каштановых почв, характеризующихся слабощелочной реакцией среды и наличием карбонатов, способных образовывать с тяжелыми металлами труднорастворимые соединения, повышенная степень буферности по отношению к элементам, подвижным в кислой среде, привносится за счет реакции почвенного раствора, и составляет 40,5 %. Степень буферности для элементов, подвижных в щелочной среде, в большей степени определяется присутствием карбонатов (34,6%), а в меньшей – pH среды (9,1%).

Для интразональных почв, находящихся в условиях повышенного увлажнения, выявлена большая доля участия полуторных оксидов (31,9%) в формировании степени буферности по отношению к элементам, подвижным в кислой среде. Слабокислая реакция среды – один из основных компонентов при формировании буферности для элементов подвижных в щелочной среде (42,4%).

Таким образом, почвы горно-лесного пояса (горно-лесные серые и бурые) исследованной территории характеризуются повышенной степенью буферности, степного пояса (каштановые) – повышенной для элементов, подвижных в кислой среде, и средней – для элементов подвижных в щелочной среде. Интразональные почвы обладают средней буферной способностью по отношению к тяжелым металлам.

Литература

1. Ильин В.Б. Оценка буферности почв по отношению к тяжелым металлам. // *Агрохимия*. – 1995. – № 10. – С. 109-113.
2. Ильин В.Б. Буферные свойства почвы и допустимый уровень ее загрязнения тяжелыми металлами. // *Агрохимия*, 1997. – № 11, С. 65-70.
3. Ринькис Г.Я. Оптимизация минерального питания растений. – Рига: Зинатне, 1972, 356 с.
4. Бушуев Н.Н. Взаимодействие тяжёлых металлов с различными компонентами почв // *Мат. Междунар. научно-практ. конференции «Роль природообустройства сельских территорий в обеспечении устойчивого развития АПК» Часть I.* – М.: МГУП, 2007, С. 16-22.
5. Убугунов В.Л., Сосорова Д.Б. Устойчивость почв г. Улан-Удэ к загрязнению тяжелыми металлами //

- Вестник Бурятской ГСХА. Вып. 1. – Улан-Удэ, 2002. С. 116-118.
6. Проданчук Н.Г., Строй А.Н., Худайкулова О.А. и др. Изучение процесса образования подвижных форм микроэлементов и прогнозирование безопасности продукции химическая технология и биотехнология на рубеже тысячелетий» (11–16 сентября 2006 г., г. Томск), С. 124 –125.

УДК 550.42

ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Н.В. Кузьменкова (1), Т.А. Воробьева (2)

(1) *Институт геохимии и аналитической химии им В.И.Вернадского РАН, Москва, e-mail: kouzmenkova@mail.ru;* (2) *МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, e-mail: tvorobyova@yandex.ru.*

Изучение миграции и аккумуляции химических элементов на северо-западе Кольского полуострова является актуальной задачей в связи с возможным влиянием ряда объектов, являющихся потенциальными источниками загрязнения. К ним относится в частности судоремонтный завод (СРЗ) «Нерпа», который с 1992 г. специализируется на утилизации выведенных из состава ВМФ атомных подводных лодок (АПЛ). Описанные в данной работе исследования охватывали территорию радиусом 50 км вокруг СРЗ, расположенного на западном берегу Кольского залива, к северу от г. Мурманска, в тундровой природной зоне. Картографический метод исследования является наиболее информативным способом представления данных об обстановке - включающий визуализацию расположения точек измерения с их значениями, формирование представлений о характере процесса загрязнения, о факторах и особенностях распространения загрязняющих веществ.

Потребность в информации о пространственном распределении радионуклидов и тяжелых металлов в тундровых геосистемах северо-западной части Кольского полуострова определила необходимость организации работ на локальном и региональном уровнях обобщения. В связи с этим было признано рациональным создание серии карт, отражающих влияние различных факторов на перераспределение искусственных радионуклидов и тяжелых металлов, попадающих на поверхность, их миграцию и концентрирование в ландшафтах.

Ландшафтно-геохимические карты – один из самых сложных видов тематических карт, что обусловлено разнообразием природных факторов, влияющих на дифференциацию условий миграции в ландшафтах. В отличие от «компонентного» тематического картографирования (почвенного, геологического, геоморфологического и т.д.), давно и хорошо разработанного методологически, ландшафтно-геохимическое – относительно молодое направление, а объект картографирования – сложная, многоярусная и многокомпонентная система со свойственным ей вещественным составом, условиями и путями миграции, миграционными процессами. Задача картографирования – показать ландшафты как единое целое [1].

Сопряженный анализ различных картографических источников и обработка собранной обширной и многоплановой информации проводились на основе геоинформационных технологий. Такой подход позволил провести сложный пространственный анализ распределения загрязняющих веществ, синтезировать полученную информацию, совмещать различные картографические слои и атрибутивные данные. Для осуществления такого исследования разработана и создана специализированная объектно-ориентированная картографическая база данных о пространственной структуре, эколого-радиохимических свойствах территории исследования.

Выделенные на основе анализа рельефа геохимические ландшафты были дифференцированы в зависимости от физико-химических свойств почв, особенностей растительного покрова, условий естественного увлажнения, уровня грунтовых вод, минералогического состава почв и подстилающих пород, наличия или отсутствия техногенного воздействия. Каждый из этих факторов в той или иной степени влияет на направление и скорость перераспределения радионуклидов и тяжелых металлов в ландшафте. Следовательно, в различных элементарных ландшафтах ход миграционных процессов неодинаков.

Составление ландшафтно-геохимической карты масштаба 1:200 000 проводилось по классификации Перельмана [2]. На карте выделяются следующие единицы: типы и семейства – соответствующие ландшафтными зонам и подзонам с определенной интенсивностью биологического круговорота; классы – по особенностям водной миграции в автономных почвах, которая обусловлена типоморфными элементами; роды – связанные с условиями рельефа, определяющего интенсивность водообмена между автономными и подчиненными ландшафтами, соотношение химических и механических форм миграции.

На карте масштаба 1:50 000 выделяются роды и виды геохимических ландшафтов. Роды различаются по интенсивности водообмена, соотношению между химической и механической денудацией. Виды по особенностям почвообразующих пород. Для построения матрицы легенды карты использовались также принципы классификации элементарных ландшафтов, предложенные М.А. Глазовской [3].

Легенда построена в табличной форме и состоит из двух частей. В первой части показаны ландшафтные характеристики, во второй геохимические. На карте выделяются следующие группы элементарных ландшафтов: элювиальные, элювиально-аккумулятивные, трансэлювиальные, трансэлювиально-аккумулятивные, трансуперэлювиальные и аккумулятивно-суперэлювиальные. Они дифференцированы по особенностям почвенного и растительного покрова. По составу почвообразующих пород на карте выделяются четыре вида ландшафта: на изверженных и метаморфических породах, на моренных отложениях, на озерных ледниковых отложениях и отдельно выделяются ландшафты на морских отложениях, приуроченные к пойме реки Сайда на северо-западе территории исследования. В легенде показаны растительные ассоциации, типы и подтипы почв, геохимические ландшафты, формы рельефа, подстилающие породы, условия миграции и

концентрации химических элементов.

На основе анализа ландшафтов района влияния СРЗ «Нерпа», выделенных по условиям рельефа, можно сделать следующие выводы: значительную часть территории – около 40%, занимают трансаккумулятивные ландшафты; супераквальные занимают примерно 30%; субаквальные – 20%; наименьшую площадь занимают автономные и трансэлювиальные ландшафты – примерно 10% территории. Это говорит о том, что на территории исследования преобладают больше процессы аккумуляции, чем миграции элементов.

Автономные ландшафты занимают господствующее положение на средних высотах (200 м над уровнем моря). На данных ландшафтах под скалистой, безлесой тундрой с пятнами воронично-мохово-лишайниковых ассоциаций сформировались подбуры, подбуры глеевые и торфяно-подбуры глеевые на изверженных и метаморфических почвообразующих породах и моренных отложениях. Они характеризуются окислительной обстановкой, кислыми условиями, промывным типом водного режима. На данных ландшафтах выделяются сорбционный латеральный и щелочной радиальный геохимические барьеры.

Подчиненные ландшафты представлены трансэлювиальными, трансэлювиально-аккумулятивными, трансэлювиально-супераквальными и аккумулятивно-супераквальными. На них сформировался довольно пестрый спектр почв от подбуров глеевых до торфяно-эутрофных. Среди подчиненных геохимических ландшафтов выделяются трансэлювиально-аккумулятивные, занимающие наибольшую площадь на территории исследования. К ним приурочены подзолы, подзолы глеевые и глееземы, сформировавшиеся под травяно-березово-вороничными ассоциациями. Ландшафты отличаются окислительно-восстановительной обстановкой с кислыми и слабокислыми почвами, промывным с периодическим увлажнением режимом. На данных элементарных ландшафтах выделяются механический и глеевый латеральные и сорбционный и кислый радиальные барьеры.

Геоэкологическая оценка территории проводить по концентрациям верхнего горизонта почв автономных ландшафтов, как наиболее надежных индикаторах аэротехногенного загрязнения.

Составленная серия разномасштабных эколого-геохимических карт на локальном и региональном уровнях исследования, позволяет выявить особенности распределения тяжелых металлов и искусственных радионуклидов на исследуемой территории, определить степень воздействия СРЗ «Нерпа» на компоненты окружающей среды и оценить экологическое состояние почв.

Литература

1. Касимов Н.С., Гаврилова И.П., Герасимова М.И., Богданова М.Д. Новая ландшафтно-геохимическая карта России // вестник Московского университета серия география. 2009 №1, С. 35-41
2. Перельман А. И., Касимов Н. С. Геохимия ландшафта: учебное пособие. Изд 3-е, перераб. и дополн., М.: Астрель-2000, 1999, 768 с.
3. Глазовская М. А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. – Смоленск: Ойкумена, 2002, 288 с.

УДК 582.4/9:553.3/4 (470.57)

ЛЕСНАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ОТВАЛОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ЮЖНОМ УРАЛЕ: СОСТОЯНИЕ НАСАЖДЕНИЙ И ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

А.Ю. Кулагин

Институт биологии Уфимского научного центра РАН, Уфа, e-mail: coolagin@list.ru

Нарушение целостности ландшафтно-природных комплексов и состояния окружающей среды при разработке месторождений полезных ископаемых представляет проблему регионального и государственного масштаба [1, 2]. Снижение негативного воздействия на окружающую среду достигается при проведении мероприятий по рекультивации техногенных ландшафтов [3, 4]. В условиях Южного Урала в 1982-1986 гг. проведена лесная рекультивация отвалов медно-колчеданного месторождения [5]. В данной работе рассматриваются некоторые результаты 25-летнего временного интервала лесной рекультивации отвалов.

Фактический материал получен в период 1982-2011 гг. Объектом исследований являются насаждения сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и березы повислой (*Betula pendula* Roth), произрастающие на промышленных отвалах. Точки отбора проб приурочены к отвалам месторождения полиметаллических руд Учалинского горно-обогатительного комбината (УГОК). Отбор и анализ проб почвогрунтов, почв и растений в течение вегетационного периода (июнь, июль, август), а также обработку фактических материалов проводили с использованием стандартных полевых, аналитических и статистических методов.

На отвалах УГОК насаждения сосны и березы, по индексу ОЖС [6] относятся к категории «здоровые» (89,4 % и 99,3 % соответственно).

Сравнение данных по содержанию валовых форм Cu и Zn в почвогрунтах под сосновыми насаждениями с ПДК показало, что в грунтах наблюдается превышение норм (табл. 1).

Содержание металлов в почвах под сосновыми насаждениями условного контроля находится в пределах допустимых значений. По содержанию подвижных форм Cu отмечается превышение в 1,4 ПДК. По отношению к подвижным формам Zn исследуемые почвенные образцы относятся к категории «не загрязненный». Содержание валовых и подвижных форм Pb и Cd в горизонте 0-20 см в почвогрунтах сосновых насаждений находится в пределах ПДК.

Таблица 1

Содержание валовых и подвижных форм металлов (мг/кг) в почвогрунтах под насаждениями сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) (n=30)

Cu		Zn		Pb		Cd	
Валовая форма	Подвижная форма	Валовая форма	Подвижная форма	Валовая форма	Подвижная форма	Валовая форма	Подвижная форма
Учалинский горно-обогатительный комбинат							
51,70±10,82	2,73±0,80 **	99,70±4,44*	8,27±0,83***	19,40±3,64	0,31±0,05 **	0,67±0,80	0,12±0,03
Условный контроль (чернозем выщелоченный)							
17,90±3,63	0,78±0,19	76,10±4,51	3,93±0,47	13,30±4,62	0,17±0,05	0,21±0,17	0,14±0,05
Значение ПДК							
23	2	85	23	32	6	1,5	0,24

Значимость различий с контрольными значениями: * - $p < 0,1$; ** - $p < 0,02$; *** - $p < 0,001$

Кроме этого, следует отметить крайне неустойчивый характер распределения запасов валовых и подвижных форм элементов в молодых почвах березовых насаждений промышленных отвалов УГОК (табл. 2). Сопоставление содержания валовых форм Cu, Zn, Pb и Cd в отвальных грунтах под насаждениями березы со значениями ПДК показало, что концентрация металлов в условиях отвалов значительно выше.

Таблица 2

Содержание валовых и подвижных форм металлов (мг/кг) в почвогрунтах под насаждениями березы повислой (*Betula pendula* Roth) (n=30)

Cu		Zn		Pb		Cd	
Валовая форма	Подвижная форма	Валовая форма	Подвижная форма	Валовая форма	Подвижная форма	Валовая форма	Подвижная форма
Учалинский горно-обогатительный комбинат							
74,17±26,80*	3,80±0,74**	137,80±18,10*	9,03±1,40*	59,90±21,99**	1,13±0,27**	1,53±0,28**	0,29±0,05*
Условный контроль (чернозем выщелоченный)							
16,55±2,02	1,27±0,28	95,07±22,20	6,10±1,04	6,20±5,59	следы	0,52±0,12	0,19±0,04
Значение ПДК							
23	2	85	23	32	6	1,5	0,24

Значимость различий с контрольными значениями: * - $p < 0,1$; ** - $p < 0,02$; *** - $p < 0,001$

По содержанию подвижных форм Cu и Cd почвогрунты относятся к категории «загрязненные». Почвы, отобранные на контрольных пробных площадях, не превышают ПДК по подвижным формам металлов.

На поверхности почвогрунтов под насаждениями сосны и березы обнаружен незначительный слой подстилки. В верхних горизонтах мелкозем заполняет промежутки между камнями, причем морфологических признаков формирования почвенного покрова не выявлено. Обнаружена тесная корреляционная связь между содержанием ТМ в почвогрунтах УГОК и повышенным аккумулярованием Cu, Zn (рис. 1А и 1Б), Pb ($r=0,98$) и Cd ($r=0,94$) поглощающими корнями.

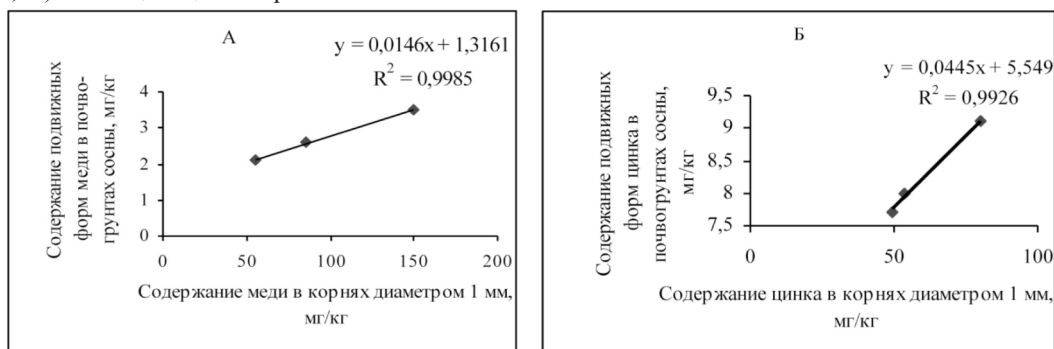


Рис. 1. Влияние содержания подвижных форм меди (А) и цинка (Б) в почвогрунтах на количество меди и цинка в поглощающих корнях сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях отвалов Учалинского горно-обогатительного комбината.

В условиях отвалов УГОК в почвогрунтах под березовыми насаждениями содержание общего углерода значительно больше, чем под насаждениями сосны. Накоплению углерода в верхнем слое субстрата под пологом березовых насаждений по сравнению с исходными результатами способствует наличие ежегодного опада (табл. 3). В почвогрунтах под насаждениями сосны и березы наблюдается подкисление молодых почв, что связано со снижением содержания Ca^{2+} и накоплением гумусовых веществ в верхнем плодородном

горизонте. В условиях отвалов УГОК обнаружено незначительное увеличение подвижных форм фосфора в верхних частях почвогрунтов, которое следует рассматривать как следствие биологической аккумуляции.

Отвальные грунты, ранее бывшие практически одинаковыми по качеству и количеству обменных оснований, в настоящее время по содержанию обменных оснований отличаются друг от друга. Наибольшим количеством обменного кальция в верхнем горизонте характеризуются почвогрунты березовых насаждений (9 мг/экв), почвогрунты сосновых насаждений отличаются его наименьшим содержанием (5 мг/экв). Содержание обменного магния соответствует количеству в них обменного кальция, т.е. в почвогрунтах под сосновыми насаждениями Mg^{2+} мало и больше в почвогрунтах под березовыми насаждениями. Сопоставление с материалами 25-летней давности показывает, что содержание Ca^{2+} и Mg^{2+} в почвогрунтах снижается.

Таблица 3

Химические свойства почвогрунтов отвалов Учалинского горно-обогатительного комбината

Глубина отбора образца, см	Общий углерод, %	рН, водный	P_2O_5 на 100 г подвижный	Ca^{2+}	Mg^{2+}
				мг/экв на 100 г	
Почвогрунты отвалов (Баталов и др., 1989)					
0-20	0,80	7,74	1,50	16,0	5,0
Почвогрунты под насаждениями сосны					
0-20	1,0	4,30	2,05	5,0	1,0
Почвогрунты под насаждениями березы					
0-20	4,30	4,10	3,20	9,0	2,0

В результате проведенных исследований установлено, что относительное жизненное состояние насаждений сосны обыкновенной и березы повислой в условиях промышленных отвалов оценивается как «здоровое». Условия произрастания практически не оказывают влияния на динамику радиального прироста стволовой древесины этих видов деревьев. Показано, что как в техногенных условиях, так и в условно контрольных почвах уровень содержания подвижных форм металлов сопоставим с валовым содержанием элементов.

Высокий уровень содержания металлов в почвогрунтах отвалов УГОК определяет повышенный уровень их накопления в органах сосны обыкновенной и березы повислой. Наибольшее среднее суммарное количество техногенных металлов отмечается в многолетних частях растений (корневая система, кора и ветви), а наименьшее – в ассимиляционных органах. Накопление тяжелых металлов в поглощающих корнях – адаптивная реакция, направленная на выживание древесных растений в экстремальных условиях промышленных отвалов.

Под пологом древесных насаждений на отвалах идет формирование почвенного покрова, особенности которого определяются составом и свойствами грунтов, видовым составом древесных растений, их возрастом и мозаичностью произрастания. Формирование почвенного покрова на отвалах морфологически выражено слабо, но четко определяется аналитически.

При сопоставлении материалов исследований 1982-1986 гг. и 2008-2011 гг. отмечено, что в процессе формирования почвенного покрова на отвалах под пологом лесных насаждений наблюдаются положительные изменения таких параметров как, общий углерод, содержание P, рН, обменного кальция и магния, что свидетельствует о вкладе насаждений сосны и березы в биологическую рекультивацию промышленных отвалов.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ (№ 08-04-97017, № 11-04-97025), Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Биологическое разнообразие» (2009-2011 гг.), тематического плана МОН РФ (№ 2.1.1/11330).

Литература

1. Глазовская М.А. Техногенез и проблемы ландшафтно-геохимического прогноза // Вестник МГУ. 1968. №1. С. 30-36.
2. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы. М.: Наука, 2000. 185 с.
3. Застенский Л.С. Облесение карьерных земель // Лесоводство и лесное хозяйство. Минск, 1981. Вып. 16. С. 68-72.
4. Кулагин А.Ю. Ивы: техногенез и проблемы оптимизации нарушенных ландшафтов. Уфа: Гилем, 1998. 193 с.
5. Баталов А.А., Мартыанов Н.А., Кулагин А.Ю., Горюхин О.Б. Лесовосстановление на промышленных отвалах Предуралья и Южного Урала /БНЦ Уро АН СССР. Уфа, 1989. 140 с.
6. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение / Под ред. В.А. Алексеева. Л.: Наука, 1990. С. 38-54.

УДК 631.445.51;630.114.5

АККУМУЛЯЦИЯ УГЛЕРОДА И АЗОТА В ПОЧВАХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПОЛУПУСТЫНИ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ (ДЖАНЫБЕКСКИЙ СТАЦИОНАР ИЛРАН)

Н.Ю. Кулакова

Институт лесоведения РАН, Московская обл., с. Успенское, e-mail: nkulakova@mail.ru

Аккумуляция углерода и азота в почве – основной процесс, определяющий её биологическую продуктивность и ключевой момент в изучении циклов этих элементов [1,2]. Цель работы состояла в исследовании общих закономерностей процессов аккумуляции С и N в почвах искусственных лесных экосистем, созданных в глинистой полупустыни Северного Прикаспия, а также в изучении особенностей этих процессов, связанных с видовым составом насаждений. Для этого в подстилке и слоях почвы 0-5; 5-10... 50-60 см под нативной степной растительностью и под массивными лесными насаждениями из *Quercus robur* L., *Pinus sylvestris* L., *Cotinus coggygria* Scop., *Acer tataricum* L., созданными около 60 лет назад, определяли содержание органического С по методу Тюрина, общего N по методу Кьельдаля, легко нитрифицирующегося N – по методу ЦИАНО, измеряли сезонную динамику активностей ионов NO_3^- и NH_4^+ . Значения активностей измеряли в водной суспензии почвы (сухой вес почвы:вода 1:5), используя мембранные электроды. Образцы отбирались в 6-кратной повторности; для определения легко нитрифицирующегося азота использовали только 3 повторности. Запасы подстилок измеряли в 4-кратной повторности на площадках 40x40 см² на каждом участке. Массу ежегодного опада определяли в насаждениях *Quercus* и *Acer* на площадках 1 м² в 4-кратной повторности в течение двух лет.

Исследуемые участки располагались в двух мезо понижениях, лугово-каштановые почвы которых имели одинаковую мощность генетических горизонтов. Насаждение дуба черешчатого отличалось от других объектов тем, что сюда более 40 лет назад были интродуцированы черви рода *Eisenia nordenskioldi*, разлагающие подстилку. Выпас скота на степном участке отсутствовал.

Аккумуляция С и N в подстилках. Объёмы ежегодно поступающих на поверхность почвы растительных остатков очень близки в степном биоценозе и в двух исследованных в этом отношении лесных насаждениях – 3.00-3.30 т/га сухой массы в год в степной ассоциации [3]; 3.55 ± 0.60 т/га в год сухого материала в насаждении дуба и 4.10 ± 0.95 в насаждении клена татарского при $P=0.05$ и $n=8$.

Запасы подстилки составили: 276; 275 227 и 75 т/га сухого материала в насаждениях скумпии, клена, сосны и дуба соответственно и 65 т/га в степном сообществе. Тот факт, что запасы подстилки в насаждении дуба были в 3-3,6 раз меньше, чем в других насаждениях, объясняется деятельностью червей, разлагающих подстилку. Подстилки сильно отличались по строению – верхний слой L в насаждениях скумпии и сосны составлял примерно 1/4, в насаждении дуба и в степном биоценозе – 1/3, а в насаждении клена – 9/10 от общего запаса подстилки.

Содержание С и N в слоях L и F-N подстилок существенно варьировало, тем ни менее в слое F-N всех лесных подстилок содержание С было значительно (в 1.7-2.2 раза) выше по сравнению со степной подстилкой, содержащей 95.7 ± 13.5 г С/кг. Содержание N в слое F-N степного биоценоза составляло 8.5 ± 1.2 г/кг, а в насаждениях было в среднем в 1,3 раза выше.

Запасы углерода в подстилках насаждений были выше, чем в степной подстилке (9.3 т/га): примерно в 2 раза в дубовом насаждении, в 4.6 раза – в насаждениях скумпии и сосны, в 11 раз – в насаждении клена. Запасы азота в лесных подстилках были в 1.6-5.4 раза больше, чем в степной подстилке, содержащей 11.2 т N /га.

Содержание легко нитрифицирующегося азота было в 1,3-1,6 раза выше в подстилке лесных участков, по сравнению со степным (1.85 ± 0.12 мг N(NO_3^-)/кг). Исключение составляло насаждение скумпии, в подстилке которого концентрация легко нитрифицирующегося азота была примерно такой же, как в степной экосистеме.

Запасы легко нитрифицирующегося азота в подстилках под насаждениями скумпии, сосны и клена были в 4.6-7 раз выше по сравнению со степным участком. На степном участке и в насаждении дуба величины запасов были наименьшими 1.15 и 1.82 г N(NO_3^-)/м².

В подстилках значения активностей NO_3^- и NH_4^+ ионов были почти всегда в несколько раз выше, чем в гумусовых и минеральных горизонтах (рис. 1), при этом преобладали нитрат-ионы. Исключение составляет подстилка в насаждении скумпии, в которой отношение активностей $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ ионов весной было меньше единицы.

Аккумуляция С и N в верхней части гумусового горизонта(0-5см). В слое 0-5 см величины содержания и запасов С и N на разных участках варьировали сильнее, чем в других слоях почвы. Было обнаружено, что содержание общего и легко нитрифицирующегося азота слое почвы в 0-5 см находилось в обратной зависимости с содержанием их в верхнем слое L подстилки: $R = -0.78$, $\alpha \leq 0.001$, $n = 24$ (исключая участок с кленом) для значений N общего и $R = -0.62$, $n = 15$ (все участки), $\alpha \leq 0.01$ для значений легко нитрифицирующегося N. В слое 0-5 см запасы углерода уменьшились на 25% в насаждении клена относительно степной почвы и увеличились на 69, 243 и 246 % в насаждениях дуба, сосны и скумпии соответственно. Запасы азота уменьшились на 45% в насаждении клена и увеличились на 40, 94 и 139% в насаждениях дуба, сосны и скумпии. Запасы легко нитрифицирующегося азота не изменились в насаждении сосны и клена и увеличились на 14 и 90% в насаждениях дуба и скумпии.

Аккумуляция С и N в слое почвы 5-40(60) см. Достоверное сокращение содержания С и N отмечено в большинстве слоев на глубине 5-40(60) см в лесных почвах относительно нативных. Уменьшение запасов С было одинаковым на всех лесных участках и составило около 20% от запасов в степной почве, составляющих 97.9 т/га. Сокращение запасов азота более зависело от видового состава насаждений – запасы уменьшились на 35 % в насаждении сосны и на 20-24 % – в других насаждениях относительно степного биоценоза (7.93 т/га).

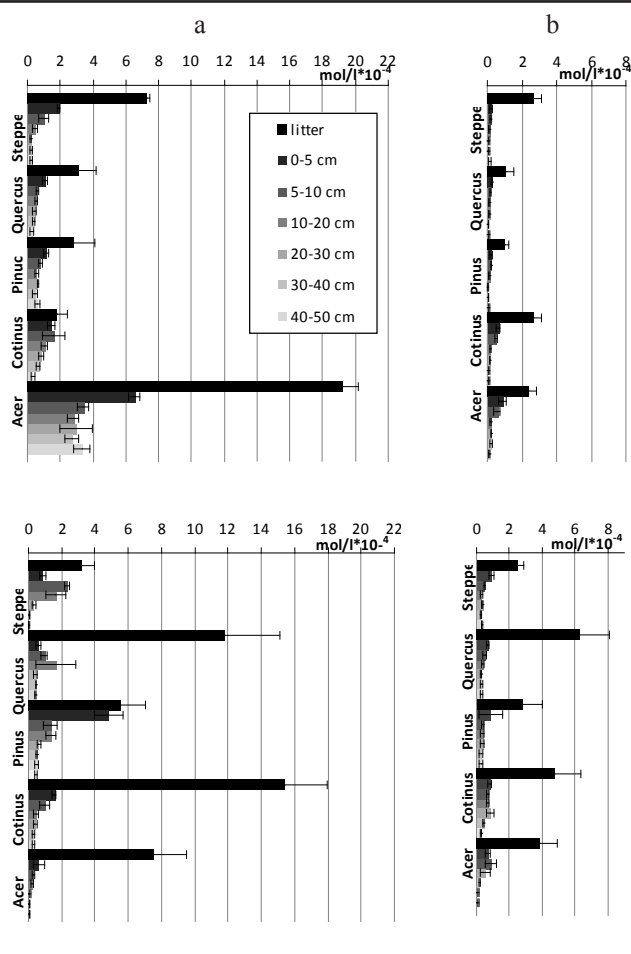


Рис. 1. Величины активностей ионов NO_3^- (a) и NH_4^+ (b); I – весной, II – осенью

Уменьшение содержания и запасов С и N на глубине 5-40(60) см в почвах всех насаждений связано с уменьшением ежегодного поступления растительных остатков с отмершими корнями в лесных экосистемах, по сравнению со степной. Приблизительные подсчёты подтверждают эту гипотезу. Масса корней в 0-60 см слое почвы под степной растительностью составляет, по данным [4], 17,5 т/га. Если предположить, что примерно 60-80% от массы корней приходится на корневой отпад [5], то он будет соответствовать примерно 10-14 т/га. Согласно данным [6], поступление мортмассы составляет около 2 т/га в 60-см слое под 50-летней дубравой в лесостепной зоне. Этот объём существенно меньше, чем в степной экосистеме.

Подстилки оказывают влияние на содержание мобильных соединений азота в гумусовом горизонте. Положительная корреляция обнаружена между значениями активностей NO_3^- ионов, измеренными весной в подстилке и в верхних слоях почвы. Для слоев 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, и 30-40 см коэффициенты корреляции были 0,97, 0,88, 0,88, 0,88 и 0,91 соответственно для $n = 5$, $\alpha \leq 0,05$. Корреляции не обнаруживаются в другие сезоны, что связано с низкой влажностью подстилок (7-13%) и отсутствием процессов вымывания.

Общие запасы углерода в подстилке и в 60-см слое почвы в нативной экосистеме составили 134,0 т/га, под насаждением дуба – 141,6, в насаждениях скумпии и сосны 215,8 и 211,5 т/га.

Запасы азота в подстилке и гумусовом горизонте почв (0-40 см) были примерно одинаковы (10,86-12,15 т/га) на всех участках, и только в насаждении скумпии заметно выше – 15,23 т/га.

Выводы. Все древесные виды оказали однотипное влияние на перераспределение органического углерода и общего азота между подстилкой и слоями гумусового горизонта, лежащими ниже 5 см: в подстилке всех лесных насаждений имело место существенное увеличение запасов С и N, а в слое 5-40(60) см – сокращение запасов относительно степного участка. Амплитуда изменений запасов С и N в подстилке и запасов N в слое 5-40 см определялась видом деревьев, формирующих насаждение.

Баланс углерода и азота в лесных почвах зависел от вида растений. В подстилке и 60-см слое почвы под дубовым насаждением общие запасы углерода были примерно такими же, как в почве степного биоценоза. В насаждении сосны и скумпии они увеличились на 58-61 %, а в насаждении клена татарского – на 21%. Общие запасы азота в подстилке и в гумусовом горизонте были примерно одинаковы на степном участке и в насаждении дуба, сосны и клена и увеличились на 37% в насаждении скумпии.

Различия в запасах С, общего и легко нитрифицирующегося N между участками были максимальны в слое 0-5 см, свойства которого определялись скоростью разложения слоя L подстилки. Отмечено также влияние подстилки на формирование запасов нитратного азота в более глубоких слоях гумусового горизонта в весенний период.

Литература

1. Глазовская М.А. Педолитогенез и континентальные циклы углерода. МГУ. Москва: ЛИБРОКОМ. 2009. - 330 с.
2. Кудеяров В. Н. Цикл азота в почве и эффективность удобрений. М.: Наука, 1989. 214с.
3. Сиземская М.Л., Сапанов М.К. Современное состояние экосистем и стратегия адаптивного природопользования в полупустыне Северного Прикаспия. Аридные экосистемы. 2010.Т.16. №5. С 15-24
4. Оловянная И.Н. Динамика продуктивности растительного покрова в заволжской глинистой полупустыне. Ботанический журнал. Том 89. №7. С. 1122 – 1137.
5. Базилевич Н.И., Титлянова А.А. Биотический круговорот на пяти континентах. СО РАН. Новосибирск. 2008. 376 с.
6. Молчанов А.А. Дубравы лесостепи в биоценологическом освещении. АН СССР. Наука. Москва. 1975.363с.

УДК 550.47

О ПУТЯХ МИГРАЦИИ ВОДОРАСТВОРИМОГО ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ И ЛАНДШАФТАХ КЕНОЗЕРСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА

Г.С. Куст, М.М. Шишкин

Институт экологического почвоведения МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, e-mail: gkust@ya.ru

Кенозерский национальный парк расположен на юго-западе Архангельской области в подзоне средней тайги. Территория парка отличается разнообразием поверхностных отложений, как осадочных, так и кристаллических. Здесь к дневной поверхности выходят породы разного возраста и состава: от кислых до основных, от архейских до отложений калининского оледенения. Мощность четвертичных отложений изменяется от 0–3 метров на карбовом плато до 186 метров в Кенозерской впадине.

Почвенный покров представлен сочетаниями подзолистых почв и подзолов (в том числе остаточно-карбонатных), кислых и выщелоченных буроземов, а также болотно-подзолистых и торфяных почв. Многие почвы характеризуются двучленностью почвообразующих пород.

Лесная растительность в основном состоит из сосново-еловых и елово-сосновых лесов с примесью березы и осины.

Гидрографическая сеть сложная. Всего на территории более 300 озер в основном ледникового происхождения, исключение составляет оз. Кенозеро, площадь зеркала которого 68,6 кв. км. В южной части расположено оз. Лекшмозеро - второе по величине в парке, площадь зеркала 54,4 кв. км. Речная сеть наиболее сильно развита в южной части парка. Состав поверхностных вод различен: от мягких (преимущественно атмосферного и снегового питания) до жестких (грунтового питания); редко встречаются щелочные (на карбонатах).

Цели и задачи: определить возможные причины накопления органических веществ в поверхностных водах Кенозерского национального парка; исследовать закономерности изменения содержания органического углерода в ряду: подстилочные воды - внутрипочвенные воды - поверхностные текущие воды - озёрная вода; проверить гипотезу о возможной роли карбонатных пород в определении путей геохимической миграции органического углерода.

Основными объектами исследования послужили почвенные и поверхностные (ручьевые и озерные) воды: подстилочные воды отбирали путем отжима; другие виды - путем прямого отбора. Содержание органического углерода определялось методом В.П.Цыпленкова и А.И. Попова с колориметрическим окончанием.

Исследованные образцы вод четко подразделяются на четыре основные группы (таблица 1):

А. Воды с концентрацией органического углерода, достигающей нескольких сотен миллиграммов в литре. К этой группе относятся воды, отжатые из лесных подстилок, причем концентрация углерода в них практически не отражает различий почв, связанных с их приуроченностью к породам с разным содержанием карбонатов. Воды этой группы имеют интенсивную темно-бурую окраску.

Б. Воды с концентрацией органического углерода, близкой к значениям 100 мг/л. Это самая большая группа среди исследованных образцов, включающая в себя воду оз. Кенозеро, воду ручья 1, водосбор которого приурочен к бескарбонатным породам, а также все образцы почвенных верховодок. Как нетрудно заметить из полученных данных, концентрация органического углерода в верховодках также практически не отражает различий почвообразующих пород. Все образцы этих вод прозрачны и имеют желтовато-светлобурую окраску.

В. Воды с концентрацией органического углерода существенно меньше 100 мг/л. К этой группе относятся поверхностные воды переходного и низинного болот, сформированных в области распространения карбонатсодержащих пород, имеющих значения Сорг соответственно 62 и 27 мг/л. Эти воды имеют окраску от светло-желтой до желтой.

Г. Воды с ничтожно малыми концентрациями органического углерода. Эта группа представлена образцами воды из оз. Мудрозеро, ложе которого слагают карбонатсодержащие глины московского возраста, и воды из ручья 2, водосбор которого формируется в области распространения карбонатных морен, подстилающих флювиогляциальные бескарбонатные отложения. Эти воды прозрачны и практически не окрашены.

Полученные результаты позволяют следующим образом представить себе пути миграции водорастворимого органического углерода в исследуемом регионе.

Основным источником водорастворимого органического углерода здесь являются лесные подстилки, как правило, перенасыщенные дождевой влагой и отличающиеся максимальной активностью микробиоты. Характерной особенностью лесных подстилок в Кенозерском нацпарке является их высокая мощность (до 10-12

см), полнопрофильность (то есть хорошая развитость подгоризонтов L, F, H) и обогащенность грибным мицелием.

Вместе с тем, большая часть водорастворимого органического углерода (70-80 % от его общей концентрации в водах лесных подстилок) фиксируется в верхней части почвенного профиля, несмотря на интенсивную вертикальную и боковую миграцию водных растворов. В водах почвенной верховодки, которая является отличительным признаком большинства исследованных почв, формирующихся на двучленных породах в условиях сильнорасчлененного рельефа, концентрация водорастворимого Сорг снижается до 100 мг/л. Именно эти органические вещества, как показали исследования поверхностных текучих и озерных вод, являются наиболее миграционно способными. В случае отсутствия геохимических барьеров на путях миграции водорастворимого органического углерода его концентрация практически не меняется на всем пути от почвенных верховодок вплоть до попадания вод в озерные депрессии.

Основной преградой на пути миграции водорастворимого органического углерода служат, по всей вероятности, карбонатсодержащие породы и сформированные на них почвы.

Если верховодки в этих почвах еще содержат такое же количество водорастворимого углерода, как и бескарбонатные почвы, то в поверхностных водах окружающих ландшафтов (ручьях, болотах, озерах) оно резко снижается. В воде слабопроточного оз. Мудрозеро, ложе которого слагают карбонатсодержащие породы, концентрация водорастворимого углерода исчезающе мала.

Таблица 1

Содержание органического углерода (Сорг) в почвенных и грунтовых водах

Тип пробы воды и способ отбора	Место отбора	Почва	Сорг (мг/л)
Озёрная вода(отфильтрованная проба)	оз. Кенозеро, 2м от берега в р-не д. Зихнова		103
	оз. Мудрозеро 2м от берега		~0
Поверхностные воды (отфильтрованная проба)	Ручей 1 ~1км от д. Зихнова по дороге на Мудрозеро		98
	Ручей 2 ~800 м от Мудрозера		3
Болотные воды (отфильтрованная проба)	переходное болото вблизи профиля 3		62
	низинное болото вблизи профиля 4		27
Верховодка (отфильтрованная проба)	разрез КУ 1.3	Подзол карликовый на двучлене	107
	разрез КУ 4.2	Дерново-подзолистая грунтово-оглееная	103
	разрез КУ 4.1	Дерново -подзолистая	100
	разрез КУ 1.1	Контактно-глеватый подзол	98
	разрез КУ 1.4	Карликовый подзол на двучлене	96
Подстилка (отжим)	разрез КУ 3.1	Подзолистая на двучлене	540
	разрез КУ 1.4	Карликовый подзол на двучлене	490

Выводы.

1. Различия почвообразующих пород и различия по приуроченности почв к автономным и транзитным положениям рельефа практически не сказываются на содержании органического углерода в подстилочных водах и верховодках. При этом в подстилочных водах исследуемой территории его содержание составляет 500 ± 50 мг/л, а в верховодках 100 ± 10 мг/л.

2. Различия в породах, слагающих озерное ложе, оказывают существенное влияние на содержание органического углерода в озерных водах. Озера, формирующиеся в ложе карбонатсодержащих пород, содержат в воде исчезающе малые количества С орг. Даже в окаймляющих их болотах содержание С орг не превышает 300 мг/л .

3. Поверхностные текучие воды ручьев различаются по содержанию органического углерода в зависимости от почвообразующих пород, преобладающих на водосборной площади. Карбонатные породы способствуют уменьшению его концентрации в ручьевых водах, что проявляется в наличии иллювиально-гумусовых горизонтов, а также гумусовых покровов и пленок по граням структурных отдельностей и на поверхности карбонатсодержащих минералов. Если на водосборной площади преобладают бескарбонатные породы, то различий в содержании органического углерода в почвенных верховодках и поверхностных текучих водах ручьев не обнаруживается.

УДК 550.4:553.3/9 (470.57)

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГОРНОРУДНЫХ РАЙОНОВ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

А.Н. Кутлиахметов (1), В.И. Сафарова (2), Г.Ф. Шайдулина (2)

(1) Министерство природопользования и экологии Республики Башкортостан, Уфа;

*(2) ГБУ Республики Башкортостан Управление государственного аналитического контроля, Уфа,
e-mail: guugak@mail.ru*

Республика Башкортостан (РБ) входит в число регионов с развитой горнорудной промышленностью. На территории республики выявлено свыше 3 тыс. месторождений и проявлений 60 видов полезных ископаемых. Основу минерально-сырьевой базы РБ составляют руды цветных и благородных металлов, нефть, уголь, агрохимическое сырье, строительные материалы, облицовочные и поделочные камни, оптическое сырье. По прогнозным оценкам, потенциал Башкортостана далеко не исчерпан как по перечисленным видам минерального сырья, так и по таким нетрадиционным для республики хромитовым, марганцевым, кобальтовым рудам, платиноидам, алмазам [1].

Основные предприятия цветной и золоторудной промышленности РБ размещены в Учалинском, Баймакском и Хайбуллинском районах, расположенных на восточных склонах Южного Урала. Добыча золота в этих районах Башкортостана (Башкирском Зауралье) ведется более 200 лет, медно-цинково-колчеданные месторождения разрабатываются с середины 20 века. За это время природные ландшафты Башкирского Зауралья преобразовались в техногенные.

В настоящее время на территории РБ функционируют 4 крупных горно-обогатительных комбината по переработке медно-цинково-колчеданных руд и 4 предприятия по добыче золота методом кучного и подземного выщелачивания, оказывая негативное влияние на природные ресурсы региона. Это воздействие носит многоплановый характер – происходит нарушение рельефа, изменение гидрологических, геохимических характеристик подземной и поверхностной гидросферы, загрязнение атмосферы и почвенно-растительного покрова, накопление многотоннажных отходов и др., при этом степень геохимического преобразования ландшафтов во многом зависит от длительности функционирования горнорудных предприятий.

Роль временного фактора четко прослеживается при обследовании природных сред в зонах влияния горно-обогатительных комбинатов Башкирского Зауралья с различной продолжительностью их работы: от 8 до 60 и более лет. При этом наиболее уязвимой средой, быстро реагирующей на негативное воздействие всего комплекса горнорудных технологий, является гидросфера. Этому способствуют особенности географических и климатических условий горнорудных районов РБ: гидрографическая сеть региона представлена озерами, малыми реками и пересыхающими ручьями, основными источниками питания которых являются атмосферные осадки (300-600 мм/год). Существенную роль в формировании геохимического облика подземных и поверхностных вод горнорудных территорий играют подотвальные и шахтные воды, состав которых также зависит от «возраста» предприятия.

Принимая сточные воды горно-обогатительных комбинатов и других промышленных предприятий, малые реки Башкирского Зауралья за последние 40-50 лет претерпели коренное преобразование: сменился геохимический тип воды; существенно изменилось разнообразие и видовой состав гидробионтов; донные отложения, обогащенные тяжелыми металлами, при определенных условиях становятся источником вторичного загрязнения воды.

Значительное влияние на геоэкологическую обстановку Башкирского Зауралья оказывают золотодобывающие предприятия, большая часть которых прекратила свое существование, оставив после себя нарушенный рельеф и большое количество отходов, создающих протяженные ореолы рассеяния токсичных компонентов в деполирующих средах: в донных отложениях водотоков и в почвенном покрове. Действующие предприятия по добыче золота используют современные физико-химические геотехнологии кучного и подземного выщелачивания. При этом их воздействие на окружающую среду носит специфический характер, связанный с использованием высокотоксичных реагентов и с процессами их преобразования в природных средах. Отходы, образующиеся при этом, также специфичны и требуют обоснованных технологий обезвреживания и последующей утилизации.

Проблема накопления огромной массы техногенных отходов горнорудной промышленности – породных отвалов и хвостов переработки полиметаллических и золотосодержащих руд – в настоящее время приобрела необычайную значимость. Являясь важным техногенным ресурсом для извлечения ценных компонентов (цинк, свинец, сера, золото, серебро, висмут, кадмий, германий, рений, олово, селен, теллур, никель, индий, сурьма и др.), отходы горнорудных предприятий служат источником загрязнения природных сред и могут быть отнесены к объектам накопленного экологического ущерба. Задача оценки таких объектов является весьма актуальной, но практически не проработанной, поскольку отсутствует нормативно-законодательная база выполнения таких работ. Однако представляется важным то, что при первичном ранжировании объектов накопленного экологического ущерба следует придерживаться отраслевого принципа.

Таким образом, на территории Башкирского Зауралья функционируют сходные по профилю предприятия с разной продолжительностью функционирования, на примере которых можно проследить основные этапы геохимического преобразования жизнеобеспечивающих природных ресурсов: воды, воздуха, почвы. В связи с этим эффективным подходом при решении геоэкологических проблем горнорудных территорий Башкирского Зауралья послужило использование горнорудных предприятий по разработке медно-цинково-колчеданных и золотоносных месторождений и прилегающих к ним территорий в качестве натуральных моделей, позволяющих:

1. провести сравнительный анализ последствий производственной деятельности предприятий с различной длительностью функционирования;
2. дать оценку негативных природных процессов, усиливающихся в результате техногенного воздействия;
3. прогнозировать развитие экологической ситуации для новых, развивающихся предприятий;
4. проводить поиск путей предотвращения или минимизации негативного влияния предприятий горнорудной отрасли на окружающую среду;
5. разработать критерии отнесения отходов к объектам накопленного экологического ущерба.

Литература

1. Хамитов Р.А. Геология и горное дело Башкортостана: история и современность.// Недропользование – XXI век. 2007. №5. С. 4-15.

УДК 631.47 УДК: 631.445.2: 631.414: 543.3:535.8

ФОРМИРОВАНИЕ БАРЬЕРОВ ОСАЖДЕНИЯ Cs-137 В ПОЙМЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

В.Г. Линник

ГЕОХИ РАН, Москва, e-mail: linnik@geokhi.ru

Распределение техногенного ^{137}Cs «чернобыльского» происхождения в пойменных ландшафтах Брянской области имеет свои особенности, связанные с начальными условиями загрязнения территории в апреле-мае 1986 г.

Западная часть Брянской области расположена на удалении 180 км от ЧАЭС. После аварии 26 апреля 1986 г. движение воздушных масс от аварийного блока ЧАЭС в северном и северо-восточном направлении наблюдалось со второго дня (с 27 апреля 1986 г.), так что радиоактивное облако в бассейне р. Ипуть (западная часть Брянской области) проходило не позже 28 апреля 1986 г. Бассейн р. Ипуть был загрязнен летучими изотопами, из которых на данный момент остался практически ^{137}Cs .

В настоящее время принято считать, что в радиоактивных продуктах аварийных выбросов ЧАЭС в атмосферу и их выпадениях из атмосферы на подстилающую поверхность ^{137}Cs находился в основном в растворимой форме [1]. По существующим оценкам, в первые дни после аварии при конденсационном типе выпадений доля водорастворимой формы ^{137}Cs могла достигать 50 % [1, 2]. Можно предположить, что при выпадении дождевых осадков в этот период происходила латеральная миграция ^{137}Cs в ландшафтах.

Для выявления связи плотности загрязнения ^{137}Cs с ландшафтными факторами в 1993 г. на мониторинговой площадке М2 были проведены ландшафтно-радиометрические измерения с использованием радиометра КОРАД [3]. Выявленные закономерности распределения ^{137}Cs в дальнейшем были подтверждены при исследовании других участков р.Ипуть и ее притока р.Унеча [4, 5].

Площадка М2 расположена на узкой пойме среднего и высокого уровня, причлененной к правому коренному берегу р.Ипуть. Площадка ориентирована по течению реки, ширина поймы в данном месте составляет 60-80 м. В верхней (северной) части пойменного массива низкая пойма отсутствует, обрывистый берег имеет высоту 2,0-3,0 м над меженным урезом воды, высотные отметки центрального массива поймы колеблются от 131,0 до 132,0 м.

Пойма представлена узкими вытянутыми прирусловыми валами и гривами с неглубокими межгривными понижениями, сложенными аллювиальными песками и супесями с аллювиальными луговыми супесчаными и легкосуглинистыми почвами. Вершины грив на данном участке поймы заняты злаково-разнотравным лугом. Межгривные понижения заняты таволго-осоковой ассоциацией.

Радиометрическая съемка площадки М2 проводилась по регулярной сетке 10x10 м. В пойменной части площадки М2 брались дополнительные точки в зависимости от строения микрорельефа. На площадке М2 была установлена значительная контрастность в плотности загрязнения ^{137}Cs . Средняя плотность загрязнения данной площадки равна 36 мкКи/м². При этом максимальная вариабельность запаса ^{137}Cs отмечалась в пойменной части площадки и существенно меньше в ее склоновой части.

По результатам измерений на площадке М2 был установлен инверсионный эффект в распределении ^{137}Cs , когда плотность загрязнения в отдельных межгривных заболоченных понижениях могла быть в 3-4 раза ниже, чем на гривах. Отбор проб почвы до глубины 70 см подтвердил низкое содержание ^{137}Cs в межгривных понижениях.

Для объяснения причин инверсионного распределения ^{137}Cs была проведена детальная радиометрическая съемка с шагом 0,5 м на трех параллельных профилях. Результаты измерений ^{137}Cs на одном из трех профилей представлены на рис. 1. На склонах гривы, четко маркируемых границей распространения осоки, наблюдалась полоса шириной 2-2,5 м концентрирования ^{137}Cs (свыше 40 мкКи/м²), т.е. явно фиксировался барьерный эффект осаждения ^{137}Cs .

Поскольку данные измерений по загрязнению водных объектов радионуклидами в Брянской и Тульской области в начальный момент аварии (апрель-май 1986 г.) отсутствуют, то представляет интерес реконструкция формирования поля загрязнения ^{137}Cs пойменных ландшафтов. Для реконструкции динамики загрязнения ^{137}Cs пойменных массивов в весенне-летний период 1986 г. было предложено использовать корреляцию гидрологического режима реки (уровень воды) с периодом образования цезиевых пятен.

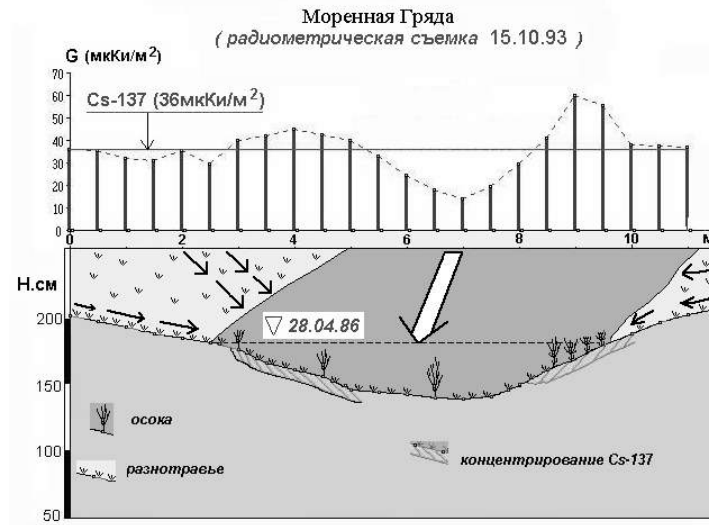


Рис.1 Ландшафтно-радиометрический профиль с шагом 0,5 м на площадке М2

Механизм формирования такого вида геохимического барьера был исследован в 1999-2001 гг. при проведении детальных ландшафтно-радиометрических исследований на рр. Ипуть, Беседь, Унеча (Брянская обл.) и р.Плава (Тульская обл.). В результате проведенных исследований была установлена связь появления таких барьеров с гидрологическими условиями.

Было установлено, что по характеру загрязнения вся пойма р.Ипуть может быть разделена на две зоны, границей которых служит уровень воды в р.Ипуть на момент аварии (превышение над меженным урезом – 2,5 м). Первая зона (осушенная) включала высокую пойму и гривы на средней пойме, вторая зона (затопленная) – низкую пойму и межгривные понижения.

Выполненная реконструкция гидрологической обстановки на площадке М2 на 28 апреля 1986 г. представлена на рис.1. Нижняя часть пойменного массива М2 еще находилась под водой, гривы уже вышли из-под затопления, межгривные понижения оставались затопленными.

Для удобства анализа на рис.1 отмечен средний уровень загрязнения ^{137}Cs (36 мкКи/м²). Как видно из представленных данных, концентрирование ^{137}Cs наблюдалось по краям затопленной западины (до 60 мкКи/м²). Данный барьер можно отнести к механическим [6], который формируется на границе «вода-суша». Поступающие радиоактивные аэрозольные частицы оказались в принципиально различных геохимических обстановках: часть из них поступила на поверхность почвы, другая – на поверхность речной воды. Поскольку данная западина была гидродинамически связана с руслом реки, то часть растворенного ^{137}Cs была вынесена в реку, доказательством этого служит измеренное низкое значение активности ^{137}Cs (13,1 мкКи/м²). Проявление латерального смыва ^{137}Cs на гриве можно видеть на профиле на расстояниях 0,5-2,5 м – на этом участке профиля было смыто до 13-18 % запаса ^{137}Cs . Поскольку в первую неделю после 28 апреля 1986 г. спад половодья в р. Ипуть составлял несколько сантиметров в сутки, то наряду с осаждением взвеси медленный спад половодья был благоприятен для осаждения по краям западины загрязненных растительных остатков.

Особенность такого геохимического барьера заключается в том, что он образуется за короткий промежуток времени (несколько суток), и его формирование зависит от двух факторов – длительности поступления из атмосферы ^{137}Cs (в нашем случае это с 27 по 29 апреля 1986 г.) и гидрологического режима. В том случае, если пойма реки на момент ее загрязнения вышла из режима затопления (например, р. Беседь), формирование барьеров данного типа не наблюдалось.

Таким образом, исследован механический (геофизический) барьер концентрирования ^{137}Cs в пойменных ландшафтах, который формируется только при определенном сочетании ряда условий. Его образованию способствует конденсационный тип аэрозольных выпадений, когда есть подвижные фракции ^{137}Cs . Вторым важным момент – наличие на момент загрязнения земной поверхности техногенными радионуклидами затопленных участков поймы. Принципиально важно то, что зона формирования данного барьера не обязательно совпадает с традиционными ландшафтными (геоморфологическими) рубежами, поскольку связана с переменным фактором (уровнем затопления).

Литература

1. Вакуловский С.М., Газиев Я.И., Колесникова Л.В., Мартыненко В.П., Петренко Г.И., Тертышник Э.Г., Уваров А.Д. Особенности радиоактивного загрязнения поверхностных водных объектов Брянской области в 1987-2005 годах//Труды Международной конференции, Москва, 5-6 декабря 2005 г. Под ред.Ю.А. Израэля. СПб: Гидрометеоздат, 2006. Том № 2. С.48-53.
2. Щеглов А.И. Биогеохимия техногенных радионуклидов в лесных экосистемах: По материалам 10-летних исследований в зоне влияния аварии на ЧАЭС. М.: Наука. 2000. 268с.
3. Мартыненко В.П., Линник В.Г., Говорун А.П., Потапов В.Н. Сводное представление результатов полевой радиометрии и отбора проб при исследовании распределения ^{137}Cs в почвах Брянской области//

- Атомная энергия. 2003. Т. 95. №4. С. 312-319.
4. Линник В.Г., Говорун А.П., Моисеенко Ф.В., Белоус Н.М. Исследование характера загрязнения Cs-137 пойменных лугов р.Ипуть (по результатам радиометрических исследований 2001 г.)// Повышение плодородия, продуктивности дерново-подзолистых песчаных почв и реабилитация радиационно загрязненных сельскохозяйственных угодий. М.: Агроконсалт, 2002. – С.125-145.
 5. Линник В.Г. Ландшафтно-гидрологические условия распределения Cs в пойме р. Ипуть (Брянская область)//Эрозия почв и русловые процессы. Вып.13. М.: Изд-во Моск.Ун-та, 2001. С. 120-132.
 6. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрей-2000. 1999. 763 с.

УДК 911.2:550.3(571)

ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ БАРЬЕРЫ И ИХ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ

Д.А. Лопаткин, Н.Д. Давыдова, В.А. Снытко

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, e-mail: ld@irigs.irk.ru, davydova@irigs.irk.ru, vsnytko@yandex.ru

Понятие такого явления, как геохимический барьер, стало одной из методологических основ при изучении геохимических аномалий различной природы. В последние десятилетия теория геохимических барьеров получила новый импульс в связи с решением экологических проблем. Рассматривается их роль в формировании техногенных месторождений и аномалий с целью выявления особенностей миграции и концентрации токсичных элементов, радионуклидов, компонентов реактивного топлива, поведения тяжелых металлов в городских ландшафтах. Ведутся исследования по натурному и математическому моделированию механизмов взаимодействия геохимических барьеров с солевыми растворами и использованию полученных результатов в разработке новой концепции освоения минеральных ресурсов. Это стало возможным в первую очередь благодаря трудам М.А. Глазовской [1, 2] и А.И. Перельмана [3, 4, 5].

В представлении А.И. Перельмана геохимический барьер – это участок земной коры, где на коротком расстоянии происходит резкое уменьшение интенсивности миграции химических элементов и, как следствие, их концентрация [3]. Большим достижением в развитии учения о геохимических барьерах является создание автором универсальной матричной схемы типов концентрации элементов на геохимических барьерах, где по оси ординат расположены

классы, а по оси абсцисс – химический состав вод, поступающих к барьеру. В точке их пересечения указаны типы ассоциаций химических элементов, теряющие скорость миграции или осаждающиеся на барьере [3, 4]. Созданная схема имеет исключительную ценность.

Другое направление - учение о почвенно-геохимических барьерах - развивается М.А. Глазовской. В ее представлении ведущую позицию в миграции вещества и ландшафтно-геохимических процессах верхней оболочки биосферы занимает почва. Почвенный профиль рассматривается как система геохимических барьеров [2]. При поступлении химических элементов воздушным или водным путем в геосистемы генетические горизонты выступают в качестве геохимических барьеров, задерживая часть потока веществ, движущихся под действием сил гравитации. М.А. Глазовская выделяет 6 типов почвенно-геохимических барьеров по сочетанию окислительно-восстановительных и кислотно-щелочных условий, приводит соответствующие ассоциации химических элементов.

Генетические горизонты почв, как в природных, так и в техногенных условиях, выступают в качестве многослойного фильтра. Каждый слой имеет моно- или полифункциональные свойства: сорбционные, седиментационные, кислотные, щелочные, и др. В зависимости от зональных физико-географических условий и положения в сопряженном ряду катены почвы имеют различные сочетания геохимических барьеров [1]. Важную роль почвенно-геохимические барьеры выполняют при формировании экологических условий среды обитания человека и животных в условиях загрязнения.

Первичное распределение веществ, поступающих в ландшафты через атмосферу, прежде всего, контролируется рельефом местности. Большое значение при этом имеет механическая задержка минеральных частиц поверхностью почв вершинных поверхностей и наветренных склонов. Вторичная дифференциация поллютантов осуществляется преимущественно в процессе водной миграции. Кроме рельефа, в значительной мере она обусловлена наличием почвенно-геохимических барьеров. При этом с течением времени могут формироваться техногенные аномалии не только в верхних горизонтах почв, но и на различных глубинах. Ярким примером могут служить аномалии фтора в засоленных почвах степей юга Минусинской котловины при поступлении пылегазовых эмиссий от алюминиевых заводов [6].

Классификация ландшафтно-геохимических барьеров является основой для пространственного отображения ландшафтно-геохимических барьеров на карте. Если воспринимать почву как функцию ландшафтообразующих процессов, то в качестве основы картографирования представляется возможным применение карт почвенного покрова. Для установления ассоциаций элементов, образующихся на барьерах в тех или иных условиях миграции, целесообразно использовать матрицу А.И. Перельмана [3]. Зная тип ландшафтно-геохимического барьера, реакцию среды и химический состав фильтрующихся вод, с помощью указанной таблицы устанавливаются ассоциации элементов, которые могут накапливаться в данных условиях. На указанных принципах для бассейна озера Байкал в пределах Российской Федерации была составлена карта ландшафтно-геохимических барьеров М 1:2500000. Преобразование составительского оригинала на

бумажном носителе в электронный вариант проведено с помощью программного обеспечения MapInfo Profesional. Процесс визуализации карты состоит из вывода в отдельном окне программы всех слоев карты: элементов математической основы, тематического содержания и условных обозначений картографической легенды. При этом использовались возможности создания изображений заданными цветовыми схемами и условными знаками, а также построения компоновок для вывода карт на печать. Проводится работа по созданию карты «Ландшафтно-геохимические барьеры» в атлас «Байкальский регион: природа и общество».

Методика совершенствуется с целью показа непосредственно на карте ассоциаций химических элементов, которые потенциально могут накапливаться или терять скорость миграции на различных барьерах при поступлении в ландшафты атмосферных осадков разного химического состава и реакции среды.

Карты ландшафтно-геохимических барьеров могут быть использованы как при оценке уровней накопления определенных ассоциаций химических элементов в компонентах геосистем, находящихся в условиях загрязнения, так и в целях прогнозирования их развития, а также проведения мероприятий по нормализации условий природной среды и принятия оптимальных решений на стадии ландшафтного планирования.

Литература

1. Глазовская М.А. Теория геохимии ландшафтов в приложении к изучению техногенных потоков рассеяния и анализу способности природных систем к самоочищению // Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состояние экосистем. М.: Наука. 1981. С. 7-41.
2. Глазовская М.А. Методология эколого-геохимической оценки устойчивости почв как компонента ландшафта // Изв. РАН, серия геогр., 1997. №3. С.18-30.
3. Перельман А.И. Геохимия эпигенетических процессов. М.: Высшая школа. 1961. 331 с.
4. Перельман А.И. Геохимия. М.: Высшая школа. 1989. 528 с.
5. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрель. 1999. 768 с.
6. Давыдова Н.Д. Техногенные потоки и дифференциация веществ в геосистемах // Географические исследования Сибири. Новосибирск: Академическое изд-во «ГЕО». 2007. Т. 2. С. 261-276.

УДК 631.4

ПЕРВИЧНОЕ ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В МЕСТАХ ВЫХОДОВ МИНЕРАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПРЕДБАЙКАЛЬЯ

О.Г. Лопатовская, С.Д. Лазарева

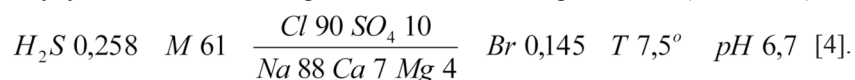
Иркутский государственный университет, Иркутск, e-mail: lopatovs@gmail.com

На территории Приангарья встречаются почвы, формирующиеся около минеральных источников. Сведения о подобных почвах немногочисленны и разрозненны. В последние годы возник интерес к таким самобытным почвам. В связи с этим возникла необходимость изучения почв, выявление их химических свойств, минерализацию воды и содержание солей в почвах около источника, а также их распределение.

Объектами исследования являются почвы в зоне влияния минерального источника «Новонкутский». Для характеристики состава солей и процессов засоления в почвах были выполнены анализы водной вытяжки [1]. Для определения состава минеральных вод были использованы общепринятые гидрохимические методы [2].

Месторождение минеральных вод расположено на юге Иркутской области на левом берегу р. Залари в 3 км восточнее пос. Новонкутск. В 1967 г. на базе минеральных источников была открыта водолечебница при профилактории Заларинского гипсового рудника [3]. В 1994 году профилакторий был реорганизован в окружной реабилитационный центр-санаторий «Нукутская Мацеста» и работает до настоящего времени.

Нукутское месторождение лечебных вод относится к провинции хлоридных натриевых и сульфатных вод и входит в состав Анагро-Ленского Артезианского бассейна. На формирование вод такого типа большое влияние оказали соленосные отложения нижнего и верхнего кембрия [4]. Расслопроявление исследуемой территории приурочено к брекчированным доломитам ангарской свиты нижнего кембрия [2]. По выявленному химическому составу вода хлоридная натриевая, с минерализацией 66 г/л. В состав воды входит сероводород, содержание которого достигает 0,28 г/л [1]. По классификации, предложенной В.Г. Ткачук и Н.И. Толстихиным воды источника «Новонкутский» относятся к рассолам слабой минерализации (50-100 г/л)



Почвы формируются в условиях холмисто-равнинного рельефа, в 600 км от берега Братского водохранилища. На формирование почв оказывает влияние засушливый климат, с малым количеством осадков и преобладанием испаряемости над осадками, в результате чего тип водного режима непромывной, сменяющийся в сухой сезон года выпотным [4].

Для определения влияния источника на состав и профильное распределение солей были заложены почвенные разрезы на расстоянии 0,5–20–50 м от места выхода источника на дневную поверхность.

Разрез 1 заложен около источника в 50 см. На поверхности почвы выпоты - солей. Растительность отсутствует. Почва вскипает от HCl по всему профилю. В почвенном профиле отмечаются ржавые пятна и примазки, перегнившие остатки растений и угольки, раковины моллюсков, новообразования карбонатов кальция и гипса. Гранулометрический состав в основном тяжелосуглинистый. Почва имеет сильный запах сероводорода, поступающего из скважины. Мощность почвенного профиля 50 см.

Почва: луговая солончаковая.

Распределение солей по профилю почвы неравномерное. Они сосредоточены в верхнем слое 0–20 см (рис.1), что связано с гидроморфным типом засоления. Почвы засолены нейтральными солями. Химизм засоления сульфатно-хлоридный кальциево-натриевый. Сумма солей максимальна в верхней части профиля (5,39 %) и уменьшается с глубиной (3,48 %). рН изменяется от 7,78 (на глубине) до 7,86 (в слое 0–10 см). Большая доля хлора и натрия в составе солей почвы определяется постоянной пропиткой водами минерального источника. Присутствие сульфатов кальция объясняется наличием гипса в материнской породе.

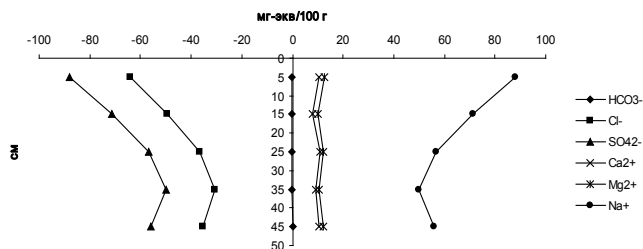


Рис. 1. Солевой профиль луговой солончаковой почвы, 50 см от источника (разрез 1).

Разрез 2 заложен в 20 м от источника. На поверхности почвы видны выпоты солей. Растительность - лугово-овсяннищевая с примесью солянок. Почва вскипает от HCl по всему профилю. В почвенном профиле отмечаются черные пятна угольков, ржавые пятна и примазки, белесые стяжения и конкреции карбонатов кальция и гипса. Гранулометрический состав преимущественно легкосуглинистый. Запах сероводорода слабый. Мощность почвенного профиля 52 см.

Почва: дерново-карбонатная типичная солончаковая.

Распределение солей в почвенном профиле относительно равномерное, небольшое увеличение отмечается в слое 0-20 и 30-40 см (рис. 2). Это обусловлено равномерным промачиванием почвенного профиля и выпотным типом водного режима, характерным для данной местности. Тип засоления – хлоридно-сульфатный кальциево-натриевый. Повышенное содержание сульфат-иона связано с влиянием гипсоносных подстилающих пород. Сумма солей изменяется сверху вниз от 1,67 % до 1,47 %. рН меняется неравномерно сверху вниз от 7,97 до 7,86, с максимумом на глубине 20 см (8,25).

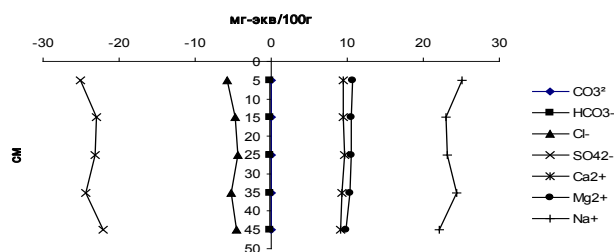


Рис. 2. Солевой профиль дерново-карбонатной типичной солончаковой почвы, 20 м от источника (разрез 2).

Разрез 3 расположен на удалении 50 м от источника. Растительность представлена видами типичными для луга (клевер, овсяница, осоки, одуванчик, подорожник). Вскипание от HCl отмечено по всему профилю. В почве обнаружены конкреции, белесые стяжения, псевдомицелий, карбонаты кальция и гипс. Гранулометрический состав преимущественно среднесуглинистый. Мощность почвенного профиля 106 см.

Почва: дерново-карбонатная типичная солончаковая.

Максимальное содержание солей в почвенном профиле приурочено к слою, расположенному на глубине 20 – 50 см (рис. 3). Это указывает на преобладание восходящего тока влаги в профиле почвы. По химизму засоления почва относится к хлоридно-сульфатной кальциево-натриевой. Сумма солей меняется неравномерно, максимум содержания в верхних горизонтах (2,08 %), минимальное – на глубине 100 см (1,6 %). Величина рН – от 8,12 до 8,28.

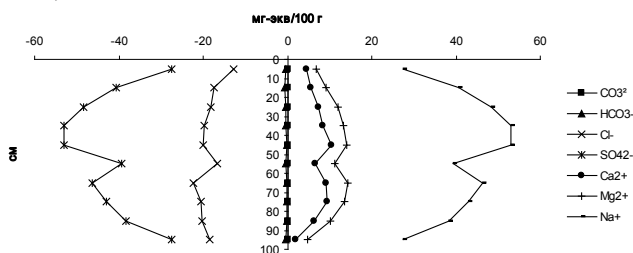


Рис. 3. Солевой профиль дерново-карбонатной типичной солончаковой почвы, 50 м от источника (разрез 3).

Результаты исследования позволили установить, что почвы, находящиеся в зоне влияния минерального

источника «Нукутский», как примитивные, так и полноразвитые, засолены. Накопление солей в почве определяют: минерализованные почвенно-грунтовые воды и воды минерального источника, подстилающие засоленные породы нижнего и верхнего кембрия, господствующий на территории исследования выпотной водный режим. Морфологические признаки засоления обнаружены в профилях всех почв: стяжения, новообразования гипса и карбонатов. По химизму засоления почвы относятся к хлоридно-натриевым и хлоридно-сульфатным кальциево-натриевым. Что соответствует химическому составу воды источника и указывает на их генетическую связь. Хлоридно-натриевый состав солей характерен для почв, расположенных на расстоянии 50 см от источника. Хлоридно-сульфатный кальциево-натриевый тип засоления определен у почв, расположенных на удалении 20, 50 м. Это свидетельствует об уменьшении влияния минерального источника на почву и указывает на связь с засоленными подстилающими породами.

Литература

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1970. 487 с.
2. Резникова А.А., Муликовская Е.П., Соколова И.Ю. Методы анализа природных вод. М.: Недра, 1970. 488 с.
3. Ломоносов И.С., Ткачук Ю.И., Пиннекер Е.В. Минеральные воды Прибайкалья. Иркутск: Вост.-Сиб. кн. Изд-во, 1977. 224 с.
4. Ткачук В.Г., Толстихин Н.И. Минеральные воды южной части Восточной Сибири, Т1. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1961. 346 с.

УДК 911.2:550.461(470.46)

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ БАРЬЕРНЫЕ ЗОНЫ В АКВАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТАХ УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ ВОЛГИ

М.Ю. Лычагин, Н.С. Касимов, А.Н. Ткаченко

Географический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, e-mail: lychagin@geogr.msu.ru

Бассейны крупных рек, по М.А.Глазовской [1], образуют ландшафтно-геохимические мегаарены. Они включают целый ряд ландшафтных зон и имеют весьма сложную геохимическую структуру. Речные бассейны в целом являются системами концентрации водного и гидрохимического стока. В то же время нижние звенья бассейнов (устьевые области рек) представляют каскадные системы рассеяния. В вершине устья реки основное русло нередко делится на рукава, вследствие чего жидкий и твердый сток рассеиваются. В результате часть стока проходит транзитом в приемный водоем, а другая часть аккумулируется в устьевых аквасистемах, которые служат препятствием на пути геохимических потоков веществ.

В устьях рек осаждаются органические и минеральные вещества, среди которых наибольшее внимание исследователей привлекают тяжелые металлы (Cu, Zn, Ni, Co, Pb, Cd, Cr и др.). При высоких концентрациях они токсичны и входят в число основных измеряемых параметров при мониторинге окружающей среды. В донных осадках аквальных ландшафтов (АЛ) накопление тяжелых металлов (ТМ) обычно приурочено к участкам водных объектов с контрастными гидродинамическими, физико-химическими, биогеохимическими условиями, т.е. геохимическим барьерам [2] и геохимическим барьерным зонам (ГБЗ) [3].

На Европейской территории России особое место занимает барьерная зона «река-море» устьевой области Волги. Это геохимический «фокус», в котором отражаются особенности потоков вещества в каскадной системе Волжско-Камского бассейна. Для понимания роли и места этой барьерной зоны в каскадных геохимических процессах необходимо оценить геохимическую структуру ее аквальных ландшафтов путем сопряженного анализа поведения химических элементов в компонентах АЛ: воде, взвешенном веществе, макрофитах и донных отложениях.

Для устьевой области Волги характерны исключительно низкие градиенты берегового и подводного склонов [4], сложная гидрографическая сеть и наличие обширного мелководного устьевого взморья (авандельты). Зона смещения речных и морских вод удалена на десятки километров от морского края дельты, вблизи которого формируется особый комплекс аквальных систем, получивший название култушной зоны. Водные объекты устьевой области разнообразны с точки зрения их морфологии, гидродинамического режима, литологии отложений, биоты. Это определяет значительную изменчивость условий миграции химических элементов и широкий спектр обстановок, благоприятных для формирования геохимических барьеров.

Для выяснения процессов трансформации геохимических потоков элементов, определения изменчивости накопления тяжелых металлов в различных аквальных ландшафтах и пространственной локализации геохимических барьерных зон проведено сравнение уровней содержания тяжелых металлов в компонентах аквальных ландшафтов с общим региональным геохимическим фоном (РГФ) дельты. Региональный фон рассчитывался путем усреднения содержаний ТМ в компонентах АЛ всех основных видов водных объектов дельты с учетом сезонной вариабельности [5].

Крупные рукава и протоки являются транзитными по отношению к стоку воды и наносов, и, следовательно, к потоку тяжелых металлов. Содержание элементов в воде характеризуется средними величинами, во взвешенном веществе и донных отложениях – пониженными (табл.). Геохимические барьеры в донных отложениях слабоконтрастны и приурочены к седиментационным ловушкам: затонам, ухвостьям островов и др.

Слабопроточные ерики характеризуются средним для дельты содержанием элементов в воде. Повышенные величины отмечены для биофильных элементов (Mn и Zn), что указывает на значительную роль биогеохимических процессов в формировании данных аквальных ландшафтов. Об этом свидетельствует и

преимущественное накопление металлов во взвешенных, а не в растворенных формах. Наряду с транзитом наблюдается локальная аккумуляция ТМ в донных отложениях, приуроченная главным образом к местам впадения ериков в протоки, где формируются гидродинамические и биогеохимические барьеры.

Устья водотоков у морского края дельты – первая контрастная геохимическая барьерная зона на пути потока элементов в дельте. Вследствие совокупного воздействия гидродинамических, сорбционных, кислородных, биогеохимических барьеров здесь происходит осаждение взвешенных наносов, являющихся носителями ТМ, соосаждение ТМ с гидроксидами Fe и Mn, а также их аккумуляция на тканях макрофитов, образующих здесь густые заросли и выполняющих функции биофильтра. Следствием этого является накопление в донных отложениях устьев водотоков Zn, Mn, Ni и Co. Максимальные содержания металлов в отдельных пробах превышают РГФ в 3 и более раз. Средние содержания растворенных и взвешенных форм ТМ в воде устьев водотоков близки к РГФ.

Самые тонкие фракции взвешенных наносов проходят транзитом через устья водотоков в прилегающие к ним култуки и далее на устьевое взморье. Взвешенные наносы култуков существенно обогащены Zn, Cu, Pb и Cd по сравнению с РГФ. Накопление ТМ в донных отложениях этих водоемов относительно слабое, что объясняется их легким гранулометрическим составом.

На устьевом взморье миграция химических элементов обусловлена осаждением взвешенных частиц при выходе на взморье в связи с уменьшением скорости течения потока, фильтрующей ролью водной растительности, ветро-волновым взмучиванием донных осадков, перераспределением взвешенных и растворенных форм элементов и др.

Таблица 1

Региональный геохимический фон и геохимическая специализация водных объектов устьевой области Волги

Компоненты среды	Объекты	Mn	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	Co	Cd
Вода, мкг/л	протоки (n=9)	33	6.4	75	11.9	2.8	3.3	1.4	0.57
	ерики (17)	50	3.0	45	14.8	2.8	4.6	1.1	0.20
	устья (16)	40	2.5	80	10.0	2.3	3.6	1.5	0.20
	култуки (5)	22	1.0	47	7.1	2.0	3.6	2.1	-
	взморье (16)	42	4.9	21	6.2	0.7	3.9	1.2	0.34
	РГФ	30	4.2	50	10.8	2.4	3.6	1.3	0.43
Взвешенное вещество, мг/кг	протоки (9)	589	83	275	192	26	11.5	4.1	2.2
	ерики (17)	2795	49	1697	371	49	11.8	-	4.2
	устья (16)	2265	120	683	541	64	15.0	-	2.0
	култуки (5)	2229	247	1559	1750	116	17.0	4.2	8.5
	взморье (16)	6039	534	5114	2643	351	278	28.5	11.9
	РГФ	1816	169	920	716	90	14	8.5	3.5
Донные отложения, мг/кг	ерики (17)	470	20	100	48	60	103	17	-
	устья (16)	440	17	80	42	53	119	16	-
	култуки (5)	358	13	43	32	39	120	12	-
	взморье (16)	415	12	40	31	34	129	12	-
	РГФ	430	13	50	32	39	132	12	-

На отмелое устьевое взморье поступает основная масса тонкодисперсного взвешенного материала, выносимого дельтовыми водотоками. Вследствие этого содержание ТМ во взвешенных наносах взморья существенно выше, чем в других районах устьевой области Волги. По величине коэффициентов накопления относительно РГФ металлы образуют следующий ряд: Cr₂₀ – Zn_{5,5} – Ni, Cu₄ – Co, Cd, Mn, Pb_{3,5}. В пределах отмелого взморья аккумулируется около половины взвешенных загрязняющих веществ, поступающих с волжским стоком. В то же время среднее содержание ТМ в донных отложениях мало отличается от РГФ. Это объясняется огромной площадью устьевое взморья и пестротой гранулометрического состава донных осадков. Аккумуляция взвешенных наносов, обогащенных ТМ, приурочена к зонам резкого замедления скорости стокового течения, седиментационным ловушкам, обычно расположенным на северной оконечности островов, зарослям лотоса и других макрофитов. В этих условиях формируются глинистые илы, содержание ТМ в которых может в несколько раз превышать РГФ. Особенно контрастное накопление ТМ наблюдается в зоне смешения речных и морских вод, характеризующихся сочетанием процессов детритогенеза и сульфидогенеза.

Таким образом, устьевая область Волги в целом представляет собой сложную аквально-ландшафтную геохимическую систему, включающую области транзита и аккумуляции ТМ. При благоприятном сочетании факторов в ее пределах формируются механические, биогеохимические, сорбционные, а местами и сероводородные барьеры, образующие 3 комплексные геохимические барьерные зоны, где осаждается основная масса металлов, приносимых речным стоком.

Работа основана на результатах многолетних эколого-геохимических исследований устьевой области

Волги, проводившихся по проектам РФФИ, Нидерландского научного фонда, ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг.

Литература

1. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа, 1988. 328 с.
2. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М.: Географгиз, 1961. 496 с.
3. Емельянов Е.М. Барьерные зоны в океане. Осадко- и рудообразование, геоэкология. Калининград: Янтарный сказ, 1998. 416 с.
4. Kroonenberg S.B., Rusakov G.V., Svitoch A.A. The wandering of the Volga delta: a response to rapid Caspian sea level change // *Sedimentary Geology*, 1997. 107. P.189-209.
5. Лычагин М.Ю., Касимов Н.С., Курьякова А.Н., Крооненберг С.Б. Геохимические особенности аквальных ландшафтов дельты Волги// *Известия РАН. Серия географическая*, 2011, № 1. С. 100-113.

УДК 631.10

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ПОЧВ С ПОЗИЦИЙ УЧЕНИЯ О БИОГЕОХИМИЧЕСКОЙ РОЛИ ЖИВОГО ВЕЩЕСТВА

А.О. Макеев

Институт экологического почвоведения МГУ, Москва, e-mail: makeevao@gmail.com

Бурное развитие палеопочвоведения позволяет полнее раскрыть ключевую роль почвообразования в становлении и развитии биосферных циклов с позиций учения о биогеохимической роли живого вещества [1, 2, 3, 4]. В поле зрения палеопочвоведения попадают не только профили и горизонты собственно палеопочв (погребенных, поверхностных и ре-экспонированных), но и продукты их вовлечения в геологический круговорот. Для всей совокупности этих объектов М.А. Глазовская [2] предложила понятие педолитосфера. Именно педолитосфера становится предметом исследований палеопочвоведения.

В отличие от палеоландшафтных реконструкций, основанных на изучении разрозненных находок палеопочв, биогеохимическая запись, представленная в педолитосфере, позволяет воспроизвести практически непрерывную картину эволюции ландшафтной оболочки Земли. Это своего рода периодическая система, в клеточки которой предсказанным образом вкладываются находки вновь открываемых палеопочв. В педолитосфере отражаются все наиболее значимые события в эволюции ландшафтной оболочки. Становится очевидно, что почвообразование – постоянное звено геологического круговорота, представленное уже в самом начале геологической записи. Обитание (признаки жизни) и обитаемость (мелкоземистые субстраты с признаками почвообразования) на суше возникли одновременно. Наиболее древние палеопочвы обнаружены в раннем докембрии. Их мощные профили позволяют пересмотреть представления о функциональных возможностях древнейших сообществ микроорганизмов. Почвообразование определяло и становление глобальных биосферных циклов. Главные этапы становления педосферы связаны с формированием кислородной атмосферы, завоеванием суши высшими растениями, развитием травянистых экосистем.

Палеопочвы – важнейший архив палеогеографической информации с присущими ему пространственными и временными разрешениями. Так, четвертичные палеопочвы составляют основу палеогеографических записей в наземных архивах. Будучи законсервированной средой обитания для большинства наземных ископаемых организмов, палеопочвы позволяют реконструировать экосистемы в целом, включая разнообразные функциональные связи, причем как на качественном, так и на количественном уровне. Однако палеопочвенная запись представлена не только собственно в палеопочвах (инситуальных биокосных образованиях), но и в других компонентах педолитосферы (педолитах, инситуальных и перемещенных корках выветривания, терригенных осадочных, а часто и метаморфических породах, и пр.). Поэтому осадочная экзогенная память это в значительной мере почвенная память, так как она включает и информацию о предшествующих циклах почвообразования.

Одним из постоянно идущих процессов в педолитосфере является экзогенез (гипергенез), определяющий общую направленность почвообразования и седиментации в пределах седиментационных бассейнов. Это соответствие обусловлено климатической сенсорностью, присущей не только почвам, но и осадочным породам. Например, гумидному/аридному типу седиментации соответствует гумидный/аридный тип почвообразования; кроме того, в педолитосфере почвы и осадки смешиваются в повторяющихся циклах почвообразования, эрозии и седиментации. Важным вкладом палеопочвоведения в генетическое почвоведение является обоснование того представления, что субстратами для современного почвообразования в значительной степени являются продукты предшествующих (часто многократных) биосферных циклов. Многие свойства почв в значительной степени унаследованы от биосфер прошлого. Четвертичное почвообразование в значительной степени реализуется на продуктах теплых дочетвертичных биосфер прошедших многократное перетолжение. Ярким примером служат лёссы и морены – продукты ледникового ресайклинга. На протяжении геологической истории экзогенез приводит к увеличению мелкоземистой базы почвообразования (накоплению в педолитосфере глинисто-пылеватых частиц).

Экологические функции почв палеопочв реализуются на фоне биологической эволюции. Экологическая роль палеопочв раскрывается с позиций экосистемной теории эволюции, когда граничные рамки эволюции отдельных биологических видов задаются биогеоценозом. На протяжении геологической истории Земли наблюдается коэволюция палеопочв и биоты. Можно говорить о новой отрасли знаний – учении об экологии палеопочв. Экологическая роль палеопочв проявляется во всех компонентах древних ландшафтных оболочек.

Так, формирование педосферы современного типа в среднем палеозое определило изменение атмосферного гидрологического цикла, характера эрозионных и эоловых процессов и архитектуры речных долин.

Современное палеопочвоведение тесно переплетается с такими областями знаний как планетарные науки, геология и геоморфология, палеогеография и палеоклиматология, палеонтология и эволюционная биология, палеогеохимия, геоархеология, озероведение и др. Наряду с этим, возникают новые отрасли знаний, основанных на изучении педолитосфер. Так, произошла интеграция палеопочвоведения и бактериальной палеонтологии в рамках геомикробиологии. Анализ функциональных возможностей древних сообществ микроорганизмов связан с изучением палеопочв. В значительной степени вопросы биосферы докембрия относятся к области палеопочвоведения. Расширение идей коэволюции привело к формированию новой комплексной дисциплины, изучающей коэволюцию живых организмов и условий среды – биогеоморфологии. В активно развивающихся в настоящее время представлениях о почвах как о расширенном (внешнем) фенотипе явно прослеживается переключки с учением Вернадского о биокосных телах. Палеопочвенные исследования оказываются в центре таких комплексных проблем, как происхождение наземной жизни, глобальные изменения климата, эволюция биосферы, функционирование криобиосферы. Именно благодаря бурному развитию исследований педолитосферы почвоведение становится зрелой исторической наукой.

Литература

1. Вернадский В.И. Об участии живого вещества в создании почв // Труды по биогеохимии и геохимии почв. М., Наука. 1992. 300 с.
2. Глазовская М.А. Педолитогенез и континентальные циклы углерода. М., 2009. 330 с.
3. Ковда В.А. Основы учения о почвах, т.1. М., 1973, 447 с.
4. Полынов Б.Б. Избранные труды. М., АН СССР. 1956. 425 с.

УДК 911.2(550.3+550.4):504.54

СИСТЕМО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ДЕТЕРМИНАЦИЯ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВ И ЛАНДШАФТОВ

Г.С. Макунина

МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, e-mail: gmakunina@yandex.ru

Понятие «устойчивость природного комплекса/ландшафта» дополняет представление о географической целостности ландшафта (ГЦЛ) и его устойчивому развитию. В современном представлении основу целостности ландшафта образует вещественно-энергетический обмен между его компонентами. Общепринятая за основу аксиома целостности ландшафта не раскрывает структуру механизма формирования этого феномена и механизма обратной связи, вызывающей дестабилизацию природной системы при антропогенных воздействиях. Соответственно, теоретически не обоснован механизм процесса самовосстановления целостности природного комплекса. Этот теоретический тупик порождает проблему различения соседних ландшафтов по интенсивности транспортировки веществ и сенсорной реакции на антропогенные воздействия. Аксиома целостности ландшафта и, соответственно, раскрытие механизма воспроизводства природной устойчивости природного комплекса превратились в теоретическую проблему, которая требует решения.

Вещественно-геофизическая организация природного комплекса/ландшафта позволяет выделять в нём три типа структуры: геофизическую, компонентную и геохимическую. Геофизическая структура ландшафта или, иначе, геофизическая система ландшафта (ГФСЛ) [5] характеризуется конкретным эколого-энергетическим потенциалом, который соответствует параметрам энергетических факторов, действующих в условиях геолого-геоморфологического местоположения (ГГМ) ландшафта. ГФСЛ является системообразующим механизмом, тем энергетическим каркасом природного и антропогенного ландшафта, который организует и структурирует массоэнергетические потоки – основа формирования компонентной и геохимической структур. Геофизические факторы формирования миграционной и геохимической структуры почв и ландшафтов, а также ландшафтно-геохимических катен и арен – это основа учения ландшафтно-геохимической школы М.А.Глазовской. Особое место в теории эколого-геохимической устойчивости почв и ландшафтов также отводится геофизическим факторам [1-3, 6].

Интенсивность и ёмкость массоэнергетических потоков в ландшафте определяется структурой и параметрами его геофизической системы. Структура ГФСЛ представлена двумя группами (или подсистемами) энергетических факторов, которые определяют два энергетических уровня (ведущий и ведомый или генерируемый) организации ГЦЛ. Каждому из них свойственна определённая функция. Основная энергетическая функция системы факторов первого уровня – организация теплообмена между атмосферой и земной поверхностью в соответствии с ГГМ данного природного комплекса, а также трансформация метеорологических элементов в гидрологические. В этих процессах соучаствуют инсоляция (солнечная энергия), атмосферная циркуляция (адвекция тепла), отражательная функция земной поверхности (альбедо), потенциальная и кинетическая энергия рельефа, функция перераспределения тепла рельефом и породами по высоте и экспозиции, а также сила Кориолиса и энергия приливов – отливов. На втором энергетическом уровне формирования ГЦЛ процесс теплообмена генерирует влагооборот. В ландшафте его составляющими являются сток и биогеофизический (радиальный) влагообмен между атмосферой и земной поверхностью, дополненный воздухообменом почв и пород с атмосферой. Интенсивность влагооборота в ландшафте определяют геофизические свойства почв и пород: их тепло-влажностность, тепло-влажностность,

минеральный и гранулометрический состав (инфильтрация влаги, набухание – усыхание и т.д.), а также рельеф в функции перераспределения влаги.

Биогеофизический влагооборот охватывает растительность и почву, насыщенную микроорганизмами, которые играют важнейшую роль в почвообразовании и в обеспечении питанием корневой системы. Почвенная микробиота меняет свой видовой состав, численность и характер распределения по почвенному профилю в зависимости от физико-химических свойств и тепло-влажностности почв и грунтов. Экологическое единство системы «почва–микроорганизмы–растительность» обуславливает восприятие её как целостного, а значит устойчивого во времени образования – педобиострома, который является экологическим ядром ландшафта и индикатором его состояния и устойчивости.

Энергетический потенциал педобиострома и его эколого-геохимическая устойчивость, предопределены ГФСЛ. Её гидротермический инвариант (система атмосферные осадки–сток–валовое увлажнение: осадки минус испаряемость) при квазистационарности рельефа и пород даёт представление об интенсивности влагопереноса веществ. Изменения в параметрах ГФСЛ, обусловленные климатическим фактором или антропогенными воздействиями ведут к дестабилизации структуры и функционирования педобиострома. Системно-геофизический механизм формирования педобиострома даёт ключ к пониманию механизма антропогенной деградации почвообразующих процессов через нарушение биогеофизического звена тепловлагооборота. Для каждого ландшафта, в силу параметрических различий их геофизических систем, характерны свои особенности педобиострома. Энергетическая нетождественность геофизических систем ландшафтов обуславливает их отличие по интенсивности миграционных процессов, а также комплексность почв. Анализ предшествующих палеогеофизических систем ландшафтов подтверждает геофизическую обусловленность распространения геохимических реликтов в почвах и палеокриогенных почвенных структур.

Распространение в современных ландшафтах деструктивных (геоэкологических) процессов (подтопление, заболачивание, обезлесивание, опустынивание, физическая, биологическая и химическая деградация почв) вызвано антропогенным нарушением ГФСЛ. Антропогенная деградация природных комплексов прежде всего отражается на физических, биологических и химических свойствах гумусового геохимического барьера [4]. Поэтому оценка эколого-геохимической устойчивости ландшафтов и составление соответствующих карт должны проводиться в контексте как системно-геофизической организации географической целостности природных ландшафтов, так и с учетом распространения и интенсивности развития природно-антропогенных (геоэкологических) процессов. Этот аспект рассматривается нами на примере сибирского ключа.

Концепция системно-геофизической организации географической целостности ландшафтов [5] и повышенная сенсорность на внешние воздействия педобиострома позволяют рассматривать географический ландшафт в качестве технобиогемом – прогнозных эколого-геохимических единиц наименьшего регионального уровня.

Таким образом, 1) целостность природных комплексов и их устойчивость имеют системно-геофизическое происхождение; 2) фундаментальность понятия геолого-географического местоположения ландшафта заключается в параметрической конкретности эколого-энергетического потенциала его геофизической системы; 3) ландшафтная структура территорий обусловлена разнообразием геофизических систем ландшафтов; 4) в пространственном размещении ландшафтов существует геофизическая закономерность, которую нельзя игнорировать в оценочных и прогнозных исследованиях; 5) визуальное сходство развития процессов, в том числе деструктивной направленности, в соседних ландшафтах не может служить доказательством их тождества по интенсивности мобилизации и транспортировки веществ, а значит и устойчивости к антропогенным воздействиям.

На территориях с широким развитием гидроморфизма и многолетнемерзлых пород процесс влагопереноса веществ подчиняется другим гидродинамическим закономерностям. Поэтому гидроморфные и мерзлотные ландшафты должны быть отнесены к иной категории геофизических систем.

Литература

1. Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. – Смоленск: Ойкумена, 2002. – 288 с.
2. Глазовская М.А. Биогеохимическая организованность экологического пространства в природных и антропогенных ландшафтах как критерий устойчивости //Известия РАН. Серия географическая. 1992. №5. С. 5-12.
3. Глазовская М.А. Методология эколого-геохимической оценки устойчивости почв как компонента ландшафта //Известия РАН. Серия географическая. 1997. № 3. С. 18 – 29.
4. Макунина Г.С. Географические факторы гумусообразования и дегумификации почв //География и природные ресурсы. 1987. № 4. С.97-103.
5. Макунина Г.С. Геофизические системы ландшафтов //География и природные ресурсы. 2011. № 4. С. 5-12 / Geography and Natural resources. 2011. Vol. 32. No 4 «Pleiades Publishing. Ltd.», 2011.
6. Солнцева Н.П. Геохимическая устойчивость природных ландшафтов к техногенным нагрузкам (принципы и методы изучения, критерии прогноза) //Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. – М.: Наука, 1982. 181-216 с.

МЕТАЛЛЫ В ГУМИНОВЫХ КИСЛОТАХ ГОРОДСКИХ ПОЧВ**В.Г. Мамонтов, Ю.А. Озеров, С.Н. Смартыгин**

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, e-mail: mshapochv@mail.ru

Одной из характерных особенностей гумусовых кислот является наличие большого набора функциональных групп. Благодаря этому гумусовые кислоты активно взаимодействуют с различными минеральными компонентами почвы и минеральными компонентами, поступающими в почву из вне. Продуктами этого взаимодействия являются органо-минеральные производные разнообразные по своей природе, составу, соотношению органической и минеральной составляющих, степени подвижности, устойчивости и функциям. Как отмечала Л.Н. Александрова [1], формирование органо-минеральных производных – обязательное звено любого типа почвообразовательного процесса. Ею была предложена группировка органо-минеральных соединений почвы. Эта группировка была использована М.А. Глазковой [2] при разработке представлений о гуматогенезе и хелатогенезе.

По М.А. Глазковой [2], гуматогенез – образование и накопление в ландшафтах наименее подвижных, устойчивых органо-минеральных производных гумусовых веществ – гуматов кальция, насыщенных кальцием комплексных гетерополярных соединений и насыщенных кальцием адсорбционных комплексов. Гуматогенез – геохимический процесс, свойственный ландшафтам кальциевого класса водной миграции. Хелатогенез – образование и накопление в ландшафтах ненасыщенных комплексных алюмо- и железогумусовых кислот, их солей и адсорбционных комплексов. Хелатогенез присущ ландшафтам кислого и кислого глеевого классов водной миграции.

Городские почвы в пределах таежно-лесной зоны характеризуются существенными изменениями в групповом и фракционном составе гумуса по сравнению с зональными подзолистыми и дерново-подзолистыми почвами. Если для зональных почв типичны величины отношения Сгк/Сфк на уровне 0,5-0,7, то для верхнего горизонта городских почв характерными являются величины отношения Сгк/Сфк в пределах 1,0-1,7. При этом для городских почв типично низкое содержание свободных гуминовых и фульвокислот, преобладание фракций гумусовых кислот, связанных с кальцием [3].

Согласно нашим данным, урбаноземы и реплантоземы характеризуются фульватно-гуматным и даже гуматным типом гумуса с повышенным содержанием фракции гуминовых кислот связанных с кальцием. Содержание общего гумуса составляет 2,5-7,9 %, а доля фульвокислот «агрессивной» фракции I^a – 2-5 % от общего углерода почвы [4]. Таким образом, в условиях таежно-лесной зоны городские ландшафты представляют собой локальные ареалы проявления гуматогенеза в то время как зональным геохимическим процессом является хелатогенез.

Органическое вещество является геохимическим барьером для загрязняющих веществ поступающих на поверхность почвы. В верхних горизонтах городских почв, кроме почв крупных лесопарков, отмечается повышенное содержание Cu, Zn, Pb, Cd и других металлов, что обусловлено связыванием их, в том числе и органическими веществами почвы, в малоподвижные соединения [5].

В связи с этим нами было изучено содержание Mn, Cu, Zn, Pb, Cd в гуминовых кислотах (ГК) городских почв.

Объектами наших исследований служили почвы различных ценозов в пределах Северного и Северо-западного административных округов г. Москвы. На участке смешанного леса, находящегося в пределах города (Лесная опытная дача), почвенный покров представлен мало измененными под влиянием антропогенеза дерново-подзолистыми почвами. Почвы парка, сквера, газонов бульвара и междомовой территории представлены урбаноземами и реплантоземами. Почвенные образцы отбирали в начале, середине и в конце каждого объекта в 3-кратной повторности. Получение препаратов гуминовых кислот проводили из смешанных образцов согласно принятой методике [6]. Содержание металлов определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре ААС-30 после предварительного мокрого озоления навески гуминовой кислоты. Полученные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1

Содержание металлов в гуминовых кислотах городских почв, мг/100 г абсолютно сухого вещества

Объект	Cu	Zn	Mn	Pb	Cd
			n · 10 ⁻²		
Лесная опытная дача	226,7	6,2	2,9	0,5	3,7
Парк Дубки	39,3	9,4	7,0	3,1	6,1
Сквер на Большой Академической улице	113,5	16,7	12,7	15,4	15,5
Улица Народного Ополчения	339,9	3,2	2,4	0,7	4,0
Бульвар Генерала Карбышева	91,6	19,9	25,1	4,3	11,1
Междомовая территория	46,2	6,1	6,0	3,1	5,8

В наибольшей мере ГК исследованных почв обогащены медью. Больше всего Cu содержат ГК дерново-подзолистой почвы Лесной опытной дачи – 227 мг/100 г и ГК реплантозема по улице Народного Ополчения – 340 мг/100 г. Меньше всего Cu содержится в ГК урбанозема парка Дубки и реплантозема междомовой территории

– 40-46 мг/100 г. ГК урбаноземов бульвара Генерала Карбышева и сквера на Большой Академической улице занимают промежуточное положение, здесь количество меди, связанной с ГК, составило 92-114 мг/100 г.

Вторым по значимости элементом является цинк, при этом связано его с ГК значительно меньше по сравнению с медью. Самое высокое количество Zn обнаружено в ГК урбаноземов сквера на Большой Академической улице и бульвара Генерала Карбышева – 17-20 мг/100 г. В остальных почвах его количество находится в пределах 3-9 мг/100 г ГК.

Гуминовыми кислотами исследованных почв связано очень незначительное количество свинца, кадмия и марганца. Меньше всего этих металлов – $0,5-3,7 \cdot 10^{-2}$ мг/100 г содержится в ГК дерново-подзолистой почвы Лесной опытной дачи, в большей степени ими обогащены ГК урбаноземов сквера на Большой Академической улице ($12,7-15,5 \cdot 10^{-2}$ мг/100 г) и бульвара Генерала Карбышева ($11,1-25,1 \cdot 10^{-2}$ мг/100 г).

Исходя из полученных данных, можно предположить, что гуминовые кислоты городских почв не являются эффективными сорбентами металлов, загрязняющих окружающую среду, которые в большей мере связываются другими компонентами органической части почвы. Однако нельзя исключить, что какая-то часть металлов была десорбирована из ГК в процессе получения препаратов, и для достоверного суждения о способности ГК связывать металлы, требуется система более мягких методов их экстрагирования и очистки.

Литература

1. Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Ленинград.: Наука. 1980. 288 с.
2. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа. 1988. 328 с.
3. Савич В.И., Федорин Ю.В., Химица Е.Г. и др. Почвы мегаполисов, их экологическая оценка, использование и создание (на примере г. Москвы). М.: Агробизнесцентр. 2007. 660 с.
4. Мамонтов В.Г., Озеров Ю.А., Родионова Л.П. Состав гумуса почв г. Москвы (на примере САО и СЗАО) //Известия ТСХА. 2011. Выпуск 5. С.8-12.
5. Строганова М.Н., Агаркова М.Г., Мягкова А.Д. Почвы и почвенный покров г. Москвы //Почвы, город, экология. М.: Фонд «За экономическую грамотность». 1997. С. 179-289.
6. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. М.: МГУ. 1981. 272 с.

УДК 631.4

АЛЛЮВИАЛЬНЫЕ СЛОИСТЫЕ ПОЧВЫ КРУПНЫХ РЕК ЗЕЙСКО-СЕЛЕМДЖИНСКОЙ РАВНИНЫ

А. В. Мартынов

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, Благовещенск, e-mail: lex_1981@list.ru

Аллювиальные слоистые почвы по современной классификации относятся к слаборазвитым почвам и по существу являются начальной стадией формирования аллювиальных почв [1]. Но на их свойства оказывают значительное влияние химический состав воды, интенсивность процесса гидрогенной аккумуляции, состав аллювия и др., что порождает индивидуальные, для каждого региона, особенности [2].

Для оценки своеобразия аллювиальных почв крупных рек Зейско-Селемджинской равнины были изучены почвы пойменных массивов среднего течения р. Зей и нижнего течения р. Селемджа. Исследован пойменный мезорельеф, характер растительности, заложены почвенные разрезы, в которых выполнено морфологическое описание самих почв и подстилающей породы, определены физико-химические свойства (таб. 1).

Разрез №1 Аллювиальная слоистая почва на суглинистом аллювии левобережного пойменного массива р. Селемджа. Склон берегового вала, слабонаклонная поверхность, экспозиция юго-восточная. Растительность: горошек приятный, герань Максимовича, клевер люпиновидный, вейник Лангсдорфа, осока Шмидта, очиток живучий, береза кустарниковая.

W	0-3 см	Светло - коричневый, супесчаный, бесструктурный, рыхлый, сухой, включения корней. Переход явный, постепенный по структуре;
W-C~	3-9 см	Светло - коричневый, рыхлый, супесчаный, непрочнo-комковатый, включения корней. Переход волнистый, явный по цвету, структуре и включениям;
C~	9-44 см	Коричнево-серый, песчаный, сухой, рыхлый. Переход резкий, волнистый по структуре, плотности и гранулометрическому составу;
D1~	44-61 см	Коричнево-серый, среднесуглинистый, комковатый, сухой, плотный включения древесного угля. Переход резкий, волнистый по цвету, структуре, гранулометрическому составу и плотности;
D2~	61-89 см	Желтовато-коричневый, песчаный, рыхлый, сухой.

Разрез №2 Аллювиальная слоистая почва на песчаном аллювии правобережного пойменного массива р. Селемджа. Вершина берегового вала, слабонаклонная поверхность, экспозиция северо-западная. Растительность: герань Максимовича, хвощ луговой, вейник Лангсдорфа, осока Шмидта, шиповник иглистый и др.

W	0-4 см	Черный, рыхлый, сухой, включение корней. Переход явный, волнистый по цвету;
C1~	4-25 см	Светло-серый, песчаный, рыхлый, сухой, включения корней. Переход явный, волнистый по цвету, плотности и включениям;
D1~	25-103 см	Белесый, песчаный, плотный, сухой. Переход постепенный, волнистый по цвету, плотности и влажности.
D2~	103-126 см	Белесо-бурый, песчаный, рыхлый, сырой.

Разрез №3 Аллювиальная слоистая почва на песчаном аллювии правобережного пойменного массива р. Зея. Подножье берегового вала, сильнонаклонная поверхность, экспозиция западная. Растительность: хвощ луговой, осока Шмидта, горошек приятный, сосна обыкновенная.

W	0-13 см.	Серо-коричневый, песчаный, рыхлый, сухой, включения древесного угля и корней. Переход явный, постепенный по цвету и включениям;
C~	13-63 см.	Серо-желтый, песчаный, рыхлый, сухой, включения корней. Переход резкий, ровный по цвету и плотности;
D~	63-93 см.	Белесо-желтый, супесчаный, плотный, сухой, бесструктурный.

Разрез № 4 Аллювиальная слоистая почва на песчаном аллювии левобережного пойменного массива р. Зея. Подножье берегового вала, сильнонаклонная поверхность, экспозиция восточная. Растительность: хвощ луговой, осока Шмидта, горошек приятный, полынь суходольная, шиповник иглистый, береза кустарниковая, вейник Лангсдорфа и др.

W	0-2 см.	Серый, рыхлый, песчаный, сухой, включения корней. Переход ясный, ровный по цвету;
C~	3-78 см.	Серо-желтый, песчаный, рыхлый, сухой. Переход постепенный, ровный по плотности и цвету;
D~	78-110 см.	Белесо-желтый, песчаный, плотный, сухой.

Таблица 1

Физико-химические свойства аллювиальных слоистых почв крупных рек Зейско-Селемджинской равнины

№	Гор	Глубина, см.	% физ. глины	рН		Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	Al ³⁺	ЕКО, мг-экв/100г	C _{орг} %	P ₂ O ₅ мг/кг	K ₂ O мг/кг
				рН _{вод}	рН _{КСl}								
1	W	0-2	16,8	6,4	5,5	9,58	4,62	3,4	0,11	17,71	5,8	320	438
	W-C~	2-5	11,4	5,8	4,8	7,14	2,38	1,08	3,51	14,11	1,5	138	91
	C~	30-35	5,5	6	4,9	8,09	1,9	0,81	2,7	13,5	1,5	161	58
	D1~	45-50	37,8	5,9	4,6	10,9	4,28	0,54	3,78	19,55	3,7	168	98
	D2~	65-70	4,7	6	4,6	2,86	1,9	0,27	2,43	7,46	0,4	318	94
2	W	0-2	6,6	6,4	5,6	12,8	5,24	1,89	1,62	21,6	2,9	150	377
	C1~	10-15	6	5,9	4,7	2,85	2,86	0,81	1,35	7,87	1,9	110	113
	C2~	35-40	5	6	4,8	3,33	1,91	0,54	2,16	7,94	0,7	89	40
	C2~	75-80	6,2	6,2	4,8	2,38	2,38	0,54	4,86	10,16	1,2	94	60
	D~	110-120	4,4	6,1	4,7	4,76	1,43	0,54	2,7	9,43	1,7	123	40
3	W	0-10	8,8	6,7	6,1	6,39	6,4	0,14	0,4	13,33	0,9	310	104
	C1~	25-35	4,4	6	5,4	4,92	5,41	0,27	0,27	10,87	0,3	232	87
	C1~	45-55	8,8	6	5,0	7,25	4,34	0,54	0,27	12,4	0,4	396	47
	D~	80-93	14	6,2	5,0	6,28	7,73	0,54	0,54	15,09	0,8	618	40
4	W	0-2	7,3	5,8	5,1	6,42	7,1	0,81	1,62	15,95	1,7	412	253
	C1~	10-25	4,4	5,2	4,5	5,79	1,94	0,81	4,05	12,59	0,7	464	140
	C1~	45-55	8,9	5,4	4,4	5,31	0,48	0,6	3,78	10,38	0,7	576	71
	D~	90-100	7,1	5,1	4,5	5,31	1,45	0,52	2,97	10,54	0,4	688	40

Полученные результаты, часть которых приведена выше, показывают, что для аллювиальных слоистых почв исследуемой территории характерен песчаный-супесчаный гранулометрический состав. Мощность почвенного профиля от 30 до 80 см, в которой выделяется небольшая по мощности дернина (до 10 см.) и морфологически однородная минеральная толща. Формируются аллювиальные слоистые почвы чаще всего на песчаном-супесчаном аллювии, хотя изредка могут перекрывать и более тяжелые отложения. Морфологически данные почвы приурочены к прирусловой пойме, занимая территорию от бечевника до берегового вала, и к низким островам. Растительность представлена сухими разнотравными лугами с редкой порослью кустарниковых и древесных пород. Характерная особенность аллювиальных слоистых почв что, несмотря на свою молодость и слабое участие в их генезисе зональных процессов почвообразования слоистость в почвенном профиле слабо выражена, свидетельствуя о редких, но очень продолжительных воздействиях

процесса гидрогенной аккумуляции веществ.

Аллювиальные слоистые почвы обладают кислой – близкой к нейтральной реакцией среды (4,7-6,1), повышенной емкостью катионного обмена (7-21 мг-экв/100г) с преобладанием Ca^+ и Mg^+ в верхней части почвенного профиля, Ca^+ и Al^+ в нижней части. Содержание органического вещества в дернине от низкого до высокого (0,9-5,8), с распределением в почвенном профиле преимущественно убывающим. Содержание обменного калия и подвижного фосфора высокое, но калий характеризуется резко убывающим профильным распределением, тогда как у подвижного фосфора четкий механизм распределения по профилю отсутствует.

Попытка выявить для аллювиальных слоистых почв общие закономерности, используя корреляционный анализ между почвенными свойствами показала, что во всех почвенных разрезах наблюдается высокие положительные корреляции: гумус-магний, гумус-водород, гумус-калий. Взаимосвязи, выявленные между другими почвенными свойствами, носят локальный характер и не распространяются на весь почвенный тип в целом.

Литература

1. Классификация и диагностика почв России / Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Смоленск: Ойкумена. 2004. 342 с.
2. Шраг В.И. Пойменные почвы, их мелиорация и сельскохозяйственное использование. М.: Россельхозиздат. 1969. 270 с.

УДК 631.4:574.4

МИКРОБНАЯ ИММОБИЛИЗАЦИЯ УГЛЕРОДА И АЗОТА В ПОЧВАХ ГОРНО-ТУНДРОВОГО ПОЯСА СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ФЕННОСКАНДИИ

М.Н. Маслов, М.И. Макаров

МГУ им. М.В. Ломоносова, факультет почвоведения, Москва, e-mail: maslov.m.n@yandex.ru

В экосистемах холодного климата, к которым принадлежат тундровые сообщества, из-за низкой микробной активности значительное количество азота (N), необходимого для питания растений, находится в составе слабо гумифицированного органического вещества. Поэтому концентрации его неорганических форм крайне низки, а их доступность является одним из основных факторов, регулирующих первичную продукцию и состав фитоценозов.

Возможные климатические изменения могут привести к повышению уровня биологической активности почвы и, следовательно, к повышению доступности N для растений. В этой связи большой интерес представляет изучение лабильных соединений C и N, в том числе, входящих в состав микробной биомассы, которая одновременно выполняет функции мобилизации и иммобилизации биофильных элементов в почве.

Целью нашей работы было установление степени иммобилизации C и N почвенными микроорганизмами в горно-тундровых почвах Северо-Западной Фенноскандии, где тундровые растительные ассоциации занимают обширные пространства.

Район исследований охватывает горный массив, расположенный в северо-восточной части Швеции (68°21'N, 18°49'E) в 200 км севернее Полярного круга. Пробные площади были заложены в 5 наиболее распространенных сообществах горной тундры (табл. 1) на юго-западном макросклоне г. Ньюла (Nuolja) на высоте 800-1000 м н.у.м. Отбор образцов почв проводился в июле-августе 2011 г. в пределах каждого сообщества в 10 повторностях на площади около 1 км². Образцы отбирались из генетических горизонтов (A/O, AC). Диагностика почв проводилась по WRB (2006).

Таблица 1

Характеристика исследованных сообществ и почв горных тундр

Сообщество		Почва	Положение в геохимическом профиле
название	обозначение		
Флавоцетрариево-вороничная тундра	exp	Folic Leptosol	автоморфное
Зеленомошно-кустарничковая тундра	dsh	Folic Leptosol	автоморфное
Ивково-мелкотравное сообщество рядом с рано тающим снежником	es	Haplic Leptosol	транзитное
Ивково-мелкотравное сообщество рядом с поздно тающим снежником	ls	Haplic Leptosol	транзитное
Тундровая душисто-колосково-разнотравная луговина	med	Haplic Leptosol	аккумулятивное

Лабильные соединения C и N экстрагировали 0,05 М K_2SO_4 . C и N микробной биомассы ($\text{C}_{\text{микро}}$ и $\text{N}_{\text{микро}}$) определяли после 24-часовой фумигации почвы в парах хлороформа. Определение общего экстрагируемого органического C ($\text{C}_{\text{орг}}$) и общего экстрагируемого N ($\text{N}_{\text{общ}}$) проводили на автоматическом анализаторе TOC-V_{CPN} (Shimadzu), N аммонийных соединений (N-NH_4^+) определяли индофенольным методом, N нитратов (N-NO_3^-) – после их восстановления на кадмиевой колонке до нитритов и получения окрашенного азосоединения по Гриссу. N экстрагируемых органических соединений ($\text{N}_{\text{орг}}$) рассчитывали как разницу между $\text{N}_{\text{общ}}$ и суммой неорганических соединений элемента. $\text{C}_{\text{микро}}$ рассчитывали как разницу между $\text{C}_{\text{орг}}$, в фумигированных и

нефумигированных образцах, а $N_{\text{микро}}$ как соответствующую разницу концентраций $N_{\text{общ}}$.

На автоморфных элементах рельефа формируются почвы, относящиеся к группе Follic Leptosols, характеризующиеся развитием относительно мощного (до 30 см) органогенного горизонта. На транзитных и аккумулятивных элементах ландшафта формируются почвы группы Haplic Leptosols, которые характеризуются значительной каменистостью всего профиля и существенно меньшим по мощности и содержанию общего органического С органогенным горизонтом. Различие условий формирования почв накладывает отпечаток на содержание и распределение в профиле лабильных соединений С и N (табл. 2).

Таблица 2

Содержание лабильных форм углерода и азота в почвах в естественном состоянии, мг/кг

Сообщество	Гори-зонт	$C_{\text{орг}}$	$N_{\text{орг}}$	$C_{\text{орг}}/N_{\text{орг}}$	$N-NH_4^+$	$C_{\text{микро}}$	$N_{\text{микро}}$	$C_{\text{микро}}/N_{\text{микро}}$
exp	О	675±128	50±9	13,2±0,9	5,9±0,5	1763±486	145±44	12,4±0,6
	АС	87±15	11±1	8,2±2,9	2,0±0,1	142±50	11±4	12,6±4,5
dsh	О	270±75	25±7	10,7±2,9	4,2±1,2	802±222	77±21	10,4±2,9
	А	872±167	167±32	6,0±1,0	4,8±0,3	1447±336	147±37	9,8±0,8
es	АС	112±28	19±5	7,8±2,0	2,3±0,3	121±34	13±4	9,3±1,3
	А	758±144	151±20	5,0±0,7	7,0 ±1,5	947±282	97±30	9,8±0,8
ls	АС	93±19	20±2	4,5±0,7	2,0±0,1	132±21	19±5	9,1±1,2
	А	657±69	161±17	4,2±0,4	6,0±0,6	1037±162	115±20	10,1±1,1
med	АС	369±143	100±49	4,9±0,4	6,6±2,3	788±450	90±55	9,8±0,9

Содержание лабильных форм $C_{\text{орг}}$ варьирует от 270 до 872 мг/кг в органогенных горизонтах и от 87 до 369 мг/кг в минеральных. При этом минимальное содержание $C_{\text{орг}}$ в органогенном горизонте характерно для лептосоли, сформированной под зеленомошно-кустарничковым сообществом (dsh). В поверхностных горизонтах остальных изученных почв не установлено статистически достоверных различий в содержании $C_{\text{орг}}$. Для наиболее гидроморфной почвы, формирующейся под тундровой луговиной в понижениях рельефа, различия по содержанию лабильных форм $C_{\text{орг}}$ в органогенном и минеральном горизонтах минимальны. Содержание $C_{\text{орг}}$ в минеральном горизонте составляет около половины от значений, характерных для органогенного горизонта, что может быть связано с более интенсивной миграцией С в профиле в условиях более высокой обводненности этой почвы.

По содержанию $N_{\text{орг}}$ почвы достаточно хорошо различимы: минимальное его количество приходится на лептосоли сообществ exp и dsh, занимающих возвышенные элементы ландшафта, а в лептосолях, занимающих транзитное и аккумулятивное положение, количество $N_{\text{орг}}$ возрастает. Распределение $N_{\text{орг}}$ по профилю носит такой же характер, как и $C_{\text{орг}}$. Подобный характер внутрипрофильного распределения лабильных С и N может быть связан с распределением общих органических С и N, аккумулятивных в относительно слабо гумифицированном органическом веществе почв.

В естественном состоянии почвы под сообществами exp и dsh характеризуются низким отношением $C_{\text{орг}}/N_{\text{орг}}$ в составе лабильных соединений. Вниз по геохимической катене это соотношение снижается, что говорит об обогащении азотом лабильного органического вещества с увеличением влажности почвы.

По содержанию $N-NH_4^+$ исследованные почвы статистически не различаются. Максимальное его содержание характерно для органогенных горизонтов, в минеральных горизонтах его количество в среднем в 2 раза ниже. Исключение составляют лишь почвы, формирующиеся под тундровой луговиной, где профиль не дифференцирован по содержанию $N-NH_4^+$, что также связано с положением в аккумулятивных элементах ландшафта и высокой влажностью почвы.

Для $N-NO_3^-$ во всех почвах характерны следовые концентрации.

По содержанию $C_{\text{микро}}$ и $N_{\text{микро}}$ исследованные почвы статистически не различаются между собой. Внутри профиля микробная биомасса логично сосредоточена в органогенном горизонте. Отношение $C_{\text{микро}}/N_{\text{микро}}$ варьирует от 9 до 12,6, что говорит о низком содержании N в микробной биомассе изученных почв.

После инкубирования образцов почвы при +15 °С в течение 500 часов в условиях аэробного лабораторного эксперимента содержание $C_{\text{орг}}$ во всех почвах достоверно снизилось. Максимальное снижение (в 2-4 раза) наблюдалось в образцах органогенных горизонтов. В минеральных горизонтах снижение содержания $C_{\text{орг}}$ было выражено в меньшей степени (табл. 3).

Таблица 3

Содержание лабильных форм углерода и азота в почвах после 500-часовой инкубации при +15 °С, мг/кг

Сообщество	Гори-зонт	$C_{\text{орг}}$	$N_{\text{орг}}$	$C_{\text{орг}}/N_{\text{орг}}$	$N-NH_4^+$	$C_{\text{микро}}$	$N_{\text{микро}}$	$C_{\text{микро}}/N_{\text{микро}}$
exp	О	300±73	37±4	7,1±1,2	6,0±0,5	1431±429	155±30	8,6±0,7
	АС	67±22	9±3	7,6±2,7	2,3±0,8	215±76	30±11	6,9±2,4
dsh	О	109±30	26±7	4,1±1,1	4,0±1,1	594±164	76±21	8,2±2,3
	А	185±15	108±20	2,2±0,5	5,9±0,8	796±104	162±24	5,1±0,4
es	АС	46±8	13±2	4,3±1,1	2,3±0,3	147±44	20±7	7,8±0,9
	А	190±41	77±13	3,1±1,0	9,9±1,5	810±123	145±29	6,4±0,6
ls	АС	55±10	62±11	3,2±0,4	2,1±0,1	62±12	11±2	5,4±0,3

med	A	345±102	141±23	2,5±0,7	6,7±0,7	680±112	159±31	5,2±0,8
	AC	175±78	110±58	2,1±0,2	7,8±3,3	735±406	142±86	7,0±1,1

Снижение количества $C_{\text{орг}}$ в почве может быть следствием, во-первых, его аккумуляции в составе микробной биомассы, а во-вторых, его минерализации в процессе метаболизма почвенной микробиоты. Поскольку статистически достоверного увеличения содержания углерода микробной биомассы после инкубации не наблюдалось, мы можем предположить, что с повышением температуры до +15 °С в почвах горно-тундрового пояса северной Швеции усиливается минерализация органического вещества и повышается эмиссия CO_2 .

Изменение содержания $N_{\text{орг}}$ при инкубации почв имеет менее определенный характер. В большинстве случаев наблюдается менее выраженное в сравнении с $C_{\text{орг}}$ снижение концентрации. Однако в ряде случаев концентрация $N_{\text{орг}}$ не меняется. Отношение $C_{\text{орг}}/N_{\text{орг}}$ повышается по сравнению с естественным состоянием, что говорит о переходе части общего $N_{\text{орг}}$ в лабильную форму.

Концентрация $N-NH_4^+$ в почвах после инкубации практически не изменилась, что свидетельствует о лимитированности микробного сообщества доступностью N и неполной минерализации азотсодержащих органических соединений до неорганических. Концентрация $N-NO_3^-$ также не повысилась, т.е. очень низкая активность нитрификации, характерная для исследованных почв, не повышается и при повышении температуры до +15 °С.

Содержание $C_{\text{микр}}$ и $N_{\text{микр}}$ в целом не демонстрирует ярко выраженных изменений в процессе инкубации, однако отношение $C_{\text{микр}}/N_{\text{микр}}$ резко возрастает (до 5,1–8,6). Это говорит о преимущественной аккумуляции N в составе микробной биомассы почв при повышении температуры.

Результаты исследования демонстрируют, что возможное повышение температуры в тундре будет, прежде всего, влиять на содержание в почве $C_{\text{орг}}$, вызывая его потери вследствие минерализации. При этом почвенные микроорганизмы могут выступать в роли успешных конкурентов с растениями за повышение доступности азота, что может проявиться в задержке реакции продуктивности сообществ горной тундры на повышенную минерализацию органического вещества почвы.

УДК 912.4

КАРТА ГЕОХИМИЧЕСКИХ ЛАНДШАФТОВ ЮГА РФ

И.Ю. Матасова, В.В. Дьяченко

НПИ КубГТУ, Новороссийск e-mail: v-v-d@mail.ru;

Рассматриваемый регион с физико-географической точки зрения является наиболее разнообразным в Российской Федерации. В глобальном районировании [1] из 8 почвенно-генетических типов регионов здесь встречаются 7. Фактически отсутствуют только молодые моренные ледниковые равнины. Каждый тип характеризуется специфическим набором ландшафтообразующих факторов и элементарных почвенных процессов, что обусловлено различной историей развития, геологическими, климатическими и другими особенностями. В последние столетия важное значение приобрел фактор техногенеза, оказывающий конвергентно-дивергентное влияние на ландшафты в различных частях региона. С точки зрения ландшафтно-геохимического районирования А.И.Перельманом здесь выделено более 25 ландшафтов из 110 встречающихся на территории бывшего СССР [2], хотя рассматриваемый регион занимает менее 3% площади.

Современный ландшафтный рисунок юга России определяется широким кругом природных и техногенных факторов. Влияние последних особенно нестабильно, подвержено трансформации и может быть как глобальным, так и очень локальным. Фактический уход государства (в области природопользования) из горных районов Кавказа привел, с одной стороны, к существенному улучшению экологической ситуации, а с другой, к локализации и интенсификации негативных следствий природопользования в районах, прилежащих к предприятиям, поселениям, районам военных действий и дорогам. Тем не менее, всё это происходит в определенной матрице природных условий и реакция окружающей человека среды во многом зависит от особенностей ее строения и истории развития (историко-геохимическая эмерджентность) [3]. Учесть все эти факторы в комплексе при мониторинге и оценке состояния окружающей среды позволяет ландшафтно-геохимическое картографирование.

Картографированию ландшафтов юга России в целом, Северного Кавказа и отдельных регионов традиционно уделяли больше внимания физико-географы. Картографических произведений ландшафтно-геохимического содержания значительно меньше. Необходимо отметить ряд карт, составленных коллективом под руководством В.А. Алексеенко, работы В.В. Добровольского и М.В. Ржаксинской, Н.Г. Назарова по Центральному Кавказу, И.А. Авессаломовой в Приэльбрусье и на Северо-западном Кавказе, В.В. Дьяченко по Восточному и Северному Кавказу, И.Ю. Матасовой по Черноморскому побережью, Л.Х. Сангаджиевой в Калмыкии, методической партии ИМГРЭ в Северной Осетии и др.

Использование данных работ, а также исследования авторов в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы» позволили составить единую для юга России (ЮФО и СКФО) карту геохимических ландшафтов масштаба 1:1000000. Данная карта предназначена для оценки структуры, степени антропогенного преобразования ландшафтов, а также параметров фонового распределения и региональных кларков химических элементов в почвах. Методической основой выделения геохимических ландшафтов являются представления Б.Б. Полынова о взаимосвязи между строением и химическим составом различных участков Земли. При выделении ландшафтов и картографировании юга

России были использованы принципы и классификационные признаки, разработанные его учениками и последователями М.А. Глазовской и А.И. Перельманом, а также В.А. Алексеенко, В.В. Добровольским, Н.С. Касимовым, Б.Ф. Мильковым, Мицкевичем и Ю.Я. Сушиком, А.Д. Хованским.

Использование в качестве таксономических параметров геологического строения и геохимии горных пород (26 разновидностей), особенностей рельефа (12), химизма почвенных растворов (10), фактора аэральная миграции (4), обобщенных характеристик растительного покрова (10) и основных видов природопользования (9) позволило выделить на юге России около 200 геохимических ландшафтов.

На первом классификационном уровне все ландшафты по соотношению основных видов миграции разделены на абиогенные, биогенные и техногенные. Далее ландшафты разделяются по особенностям ведущего вида миграции, поэтому абиогенные, биогенные и техногенные имеют различные таксономические признаки и классификации. Абиогенные ландшафты в пределах Земли А.И. Перельманом не разделялись, но, по всей видимости, необходимо отделять нивальные высокогорные и покровные.

Основными параметрами биогенной миграции являются биомасса и продуктивность живого вещества, по соотношению и величине которых на юге России выделены примитивно-пустынные (высокогорная скально-осыпная растительность), пустынные (северные пустыни Прикаспийской низменности), лугово-степные (альпийские и субальпийские луговые, степи и остепненные луговые, сухие степи и пойменные луга), лесные (хвойные, смешанные, лиственные) и лугово-болотные ландшафты (марши). Техногенные ландшафты представлены сельскохозяйственными и разделяются на полеводческие и животноводческие. Среди первых преобладают ландшафты с севооборотом однолетних культур, в зависимости от степени нарушения естественного гидрологического режима разделенные на богарные, осушаемые, орошаемые и периодически заливаемые. Среди многолетних выделены сады, виноградники, чаевники. Пастбища и сенокосы, с учетом значительной роли бика разделяются по видовому составу растительности.

На третьем классификационном уровне все ландшафты по особенностям водной миграции в почвах разделены на классы. В случае комплексности почвенного покрова, существенных отличий классов водной миграции автономных и гетерономных элементов микрорельефа в формуле ландшафта через точку с запятой даются два класса. Кроме того, в случае резкой дифференциации почвенного профиля (солонцы, лугово-болотные и т.д.) через дробь приводится характеристика классов водной миграции верхней и средней-нижней частей почвенного профиля [4].

На четвертом классификационном уровне, по предложению В.А. Алексеенко, ландшафты разделены по особенностям аэральная миграции. Однако, исследования [5] показали, что разделения на подверженные ветровой эрозии, неподверженные и с современным отложением эолового материала недостаточно. В подверженных ветровой эрозии необходимо выделять дефляционные поля и аккумулятивно-дефляционные (транзитные) ландшафты.

На пятом уровне по интенсивности механической миграции и водообмена, обусловленных рельефом, ландшафты разделены с учетом разработанного авторами коэффициента неоднородности, характеризующего отношение их реальной площади к картографической (горизонтальной) проекции на роды (по А.И. Перельману), а затем более детально, в соответствии с М.А. Глазовской, на элювиальные, трансэлювиальные и т.д.

На заключительном классификационном этапе (шестой уровень), ландшафты разделены по особенностям почвообразующих горных пород, которые в зависимости от генезиса, геохимии и литологии объединены авторами в двадцать шесть почвообразующих комплексов. Среди них как четвертичные рыхлые отложения (10), так и литифицированные горные породы различного возраста (16).

Таким образом, на территории занимающей 598,2 тыс. км² (3,5% площади России) выделено 200 видов геохимических ландшафтов. Результаты картографирования показали, что большая часть территории (более 70%) занята техногенными ландшафтами и только 57 являются биогенными, а остальные, в той или иной степени, нарушены человеком. Кроме того, в настоящее время десятки, в прошлом достаточно крупных естественных ландшафтов исчезли или исчезают, т.к. их площадь составляет менее 50 км². Фактически, для юга России много десятилетий является актуальной задача создания Красной книги ландшафтов или экосистем. За последние 40-50 лет только в Краснодарском крае площадь естественных ландшафтов уменьшилась на 20-25%. Хозяйственное освоение региона привело к тому, что в равнинной части юга России: в Западном и Центральном Предкавказье, на территории Ростовской и западной части Волгоградской областей естественные ландшафты практически уничтожены. В Астраханской области, Калмыкии и северном Дагестане, в горной части региона доля пашни значительно меньше, но, тем не менее, более половины территории занимают антропогенные модификации природных ландшафтов (пастбищные).

С точки зрения ландшафтно-геохимической дифференциации крайние позиции занимают Дагестан и Карачаево-Черкессия. Особенности Карачаево-Черкессии настолько сложны и разнообразны, что картографически их невозможно изобразить не только в масштабе 1:500000, но и на порядок более детальном. Это касается всех ландшафтообразующих факторов, но особенно геологического строения и растительного покрова. Фактически, территория Карачаево-Черкессии и прилегающей части Краснодарского края является своеобразным хранителем «генофонда» ландшафтов Северного Кавказа. По биологической емкости и ландшафтному разнообразию им нет равных. Здесь сохранились 35 природных ландшафтов из 57. Изучение данной территории дает уникальный шанс наблюдать реакцию экосистем на различный уровень концентраций химических элементов в ландшафте, так как распространенные там горные породы на порядок, а иногда и более отличаются их фоновой концентрацией. С этим, несомненно, связаны многие территориальные вариации состояния и устойчивости биогеоценозов. В условиях прогрессирующего загрязнения, «металлизации» биосферы, развитие экосистемных исследований на ландшафтно-геохимической основе здесь сохраняет свою актуальность.

Грядущее потепление вынуждает задуматься о возможных последствиях аридной трансформации ландшафтов Кавказа и развитии специальных исследований в этом направлении. Поэтому, большой интерес представляют реликтовые ландшафты субсредиземноморского типа, сосредоточенные на Черноморском побережье, от города Анапы до поселка Архипо-Осиповка. Аридные редколесья, вытесненные с Предкавказья в результате глобальных климатических изменений и сохранившиеся лишь на южном склоне Кавказского хребта, представляют огромную ценность не только в научном, эстетическом плане, но как теперь выясняется, и в практическом. Они имеют большое природоохранное значение, так как концентрируют редкий генофонд субсредиземноморской флоры, нигде на территории России, не встречающейся и представляют вариант аридной трансформации ландшафтов региона. Эти ландшафты испытывают все возрастающую рекреационную нагрузку, что наносит непоправимый вред экосистемам сухого средиземноморья развитым в узкой, шириной до нескольких километров прибрежной полосе.

Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 гг.»

Литература

1. Глазовская М.А. Почвы мира. Т.2. М., 1973. 427 с.
2. Физико-географический атлас мира. М.: ГУГК СССР, 1964. 298 с.
3. Геохимия ландшафта и география почв. / Под ред. Н.С. Касимова и М.И. Герасимовой. Смоленск: Ойкумена, 2002. 456 с.
4. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта: Учебное пособие. Издание 3-е, переработанное и дополненное М.: Астрель-2000, 1999. 768 с.
5. Дьяченко В.В. Геохимия, систематика и оценка состояния ландшафтов Северного Кавказа. Ростов-на-Дону: Издательский центр «Комплекс», 2004. 268 с.

УДК 550.4:551.332.26 (470.2)

ГЕОХИМИЯ ЛЕНТОЧНЫХ ГЛИН СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ

Н.Н. Матинян

СПбГУ, Санкт-Петербургский университет, e-mail: Natalym101135@yandex.ru

На Северо-Западе России обширные площади занимают озерно-ледниковые низины, образовавшиеся в эпоху регрессии последнего Валдайского оледенения. Образованию водоемов у края ледника способствовали таяние ледника и наличие «плотины» из нагроможденного моренного материала, оставленного в предыдущие стадии его таяния [1].

Эти озера, уровни которых достигали 90 м и более, последовательно покрывали всю территорию проксимальной зоны ледника. Озерно-ледниковые низины протянулись с севера на юг: межсельговые ложбины Карельского перешейка, Приневская низина - Финского залива до Ладожского озера, Волхов-Ильменская низина - вдоль р. Волхов до озера Ильмень, Псковско-Чудская ограничена Лужской и Хаанью возвышенностями. Низины сложены своеобразными глинистыми породами, для которых характерна слоистость. Образование их происходило в приледниковых холодных озерах за счет моренного материала, размывающегося и переносившегося тальми водами ледника. В летний период в озера поступал несортированный материал (песок, щебень, крупная пыль), образуя песчано-пылеватый прослой, зимой, под ледяным покровом, осаждалась ледниковая муть, содержащаяся в талых водах, что приводило к образованию глинистого слоя. Летний песчано-пылеватый и зимний глинистый слои создают годичную ленту.

Анализ гранулометрического состава ленточных глин показал, что даже в пределах одной озерно-ледниковой низины количество той или иной фракции колеблется в широких пределах и зависит от условий формирования породы. Наиболее изменчив состав летних слоев. По содержанию физической глины летние слои относятся к супесям, связным пескам и характеризуются преобладанием фракции крупной пыли. Состав гранулометрических фракций в зимних слоях отличается большим постоянством. В них фракции мелкой пыли и ила составляют 58-65 %. Химический состав ленточных глин отражает основные закономерности их гранулометрического состава и карбонатности. По показателю $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ можно судить о соотношении глинистых и пылевато-песчаных прослоев. Возрастание доли песчано-пылеватого слоя в ленте глины должно увеличивать это соотношение. Наиболее высокий показатель отмечается в глинах Карельского перешейка (6-7). В глинах Волхов-Ильменской низины оно снижается до 4-5, что свидетельствует о большей глинистости прослоев. В связи с высокой глинистостью (80-90%) ленточные глины данной низины выделяются повышенным содержанием оксидов железа и алюминия.

Глины Псковско-Чудской низины характеризуются высоким содержанием CaO (7-8 %) при сохранении такого же количества Mg, как в других равнинах. Это указывает на то, что карбонатные минералы в этих глинах представлены кальцитом, а доломит присутствует в подчиненном положении. Глины Карельского перешейка отличаются накоплением Na_2O , что обусловлено разнообразием минералогического состава и, прежде всего, аккумуляцией калинастровыми полевыми шпатовыми. Характерной особенностью ленточных

глин всех низин, за исключение глин Псковско - Чудской низины, которые подстилаются карбонатными породами, является преобладание валового магния (2,1-3,0%) над кальцием (1,1-2,4%). Среди поглощенных оснований также преобладает магний.

Есть мнение, что в аллереде имело место вторжение морских вод, обогащенных магнием, в приледниковые бассейны, судя наличию примеси морских диатомовых водорослей к холодному пресноводному комплексу [2]. С продвижением на юг наблюдается тенденция к возрастанию содержания K_2O и уменьшению N_2O .

Химический анализ сезонных слоев ленточных глин показывает приуроченность многих оксидов $-Al_2O_3, Fe_2O_3, TiO_2, K_2O, MgO, P_2O_5$ к глинистым прослоям. За исключением глин Псковско-Чудской низины содержание оксидов кальция в сезонных слоях незначительно (1,3-2,5%). Он концентрируется в летних грубодисперсных слоях. Можно предположить, что карбонаты как обломочный компонент были перенесены водами тающего ледника с основным моренным материалом. Следует отметить, что химический состав сезонных слоев и годичной ленты в целом значительно различаются пространственно и зависит от условий их образования водоеме.

По средним показателям ленточные глины Северо-Запада России, по сравнению с другими регионами (Белоруссия, Эстония), обогащены SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3 и обеднены CaO .

Ленточные глины характеризуются самым высоким содержанием микроэлементов среди ледниковых пород. По сравнению с региональным фоном (среднее содержание микроэлементов в почвообразующих породах Северо-Запада России) в ленточных глинах накапливаются Nb, Y, V . Содержание Pb, Zn, Ni, Co, B, Mn близко к региональному фону. Особый интерес представляет выяснение пространственных закономерностей распределения микроэлементов в ленточных глинах. Для изучения распределения микроэлементов в глинах различных низин региона был рассчитан коэффициент концентрации по формуле $K = C_1 / C_2$, где C_1 - среднее содержание микроэлементов в глинах конкретной низины, C_2 - среднее содержание микроэлементов в ленточных глинах региона. Как показывают данные, микроэлементный состав ленточных глин различных низин заметно отличается. Особенно выделяются повышенным содержанием почти всех микроэлементов, кроме Nb, Mo , глины Карельского перешейка. Наиболее высокий коэффициент концентрации в них отмечается для Ni, Sr . Содержание микроэлементов в глинах Карельского перешейка отражает определенную связь с минералогическим составом подстилающих и окружающих кристаллических пород, богатых первичными минералами. Ленточные глины Псковско-Чудской низины, несмотря на их карбонатность, в основном, содержат нижефоновые концентрации, кроме Nb и Mn .

В составе сезонных слоев ленточных глин микроэлементы представлены в виде связанных с глинистой составляющей породы и концентрируются в зимних слоях. К ним относятся Ni, Co, Zn, V, Pb, Cu , которые сорбируются глинистыми минералами или входят в состав их кристаллической решетки в виде изоморфной примеси. В грубодисперсном материале летних слоев концентрируются Zr, Sr, Mn , которые тяготеют к обломочным минералам.

Проведенные исследования показали, что геохимический состав ленточных глин Северо-Запада подвержен значительной изменчивости с продвижением с севера на юг и в пределах конкретной низины. Ленточные глины среди четвертичных пород наиболее обогащены многими макро и микроэлементами, что наследуется формирующимися на них почвами.

Литература

1. Малаховский Д.Б., Котлукова И.В. Рельеф // кн. «Природа Ленинградской области и ее охрана» Л., 1983
2. Квасов Д.Д., Краснов И.И. Основные вопросы истории приледниковых озер Северо-Запада // кн. «История озер Северо-Запада» Л. 1967.

УДК 631.47

ОСНОВНЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОТОКИ В ЛАНДШАФТАХ БАССЕЙНА р. АМУР (В ПРЕДЕЛАХ РОССИЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ)

А.Ф. Махинова (1), А. Н. Махинов (1), В.В. Ермошин (2)

- (1) *Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, e-mail: mahinova@ivep.as.khb.ru;*
(2) *Институт географии ДВО РАН, Владивосток, e-mail: yermoshin@tig.dvo.ru*

Интенсификация освоения природных ресурсов в бассейне р. Амур (сведение лесных массивов, освоение месторождений и катастрофические пожары, а также вовлечение больших площадей земель в сельскохозяйственное производство в Китае) воздействует на ландшафтную сферу, нарушает природные биогенные процессы и геохимические потоки в почвах. Направленность геохимических потоков в бассейне р.Амур обусловлена рельефом и литогенной основой, биогенными характеристиками и водно-физическими свойствами почв.

Миграционная активность химических элементов в почвах зависит от их принадлежности к геохимическим группам и контролируется экологическими условиями ландшафтов. Для выделения ландшафтно-геохимических структур, различающихся по геохимическим потокам на территории бассейна Амура, были использованы собственные исследования, фондовые материалы, связанные с региональным фоном территории, а также опубликованные данные. Анализировались коэффициенты водной и биогенной миграции химических элементов в почвах при различных рН, а также их кларки и региональный фон территории. Выделены элементы-индикаторы, средние значения которых характеризуют фоновые почвы и, соответственно, ландшафтно-миграционные структуры (табл. 1 и 2).

Средние значения некоторых элементов-индикаторов в фоновых почвах различных типов ландшафтно-миграционных структур (Российская часть бассейна р.Амур)

№ пп	Основные типы ландшафтов	Элементы-индикаторы в фоновых почвах											
		в %			в мг/кг								
		Fe вал	Fe+3	Fe+2	Mn	Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Cr	Cd	
1.	Тундровые	1,9	-	-	370	13	25	6,1	26	7,7	31	32	
2.	Лесотундровые	2,1	1,5	0,6	490	11	-	9,0	-	-	17	-	
3.	Таежные	4,85	3,25	1,6	787	18	17	2,0	19	6,2	70	1,4	
4.	Лесотаежные	4,50	3,3	1,2	520	11	32	0,9	2,0	-	17	0,9	
5.	Лесные(широкол.)	3,62	2,9	0,72	490	11	28	5,0	1,6	2,0	4,1	0,2	
6.	Лесное редколесье	5,2	3,6	2,6	620	10	19	8,2	-	1,0	-	-	
7.	Болотные мари	4,01	0,1	4,0	790	12	5,0	4,0	4,4	1,1	3,0	0,4	
8.	Лугово-степные	3,19	-	-	586	9,0	-	-	0,4	-	-	-	
9.	Долинно-речные	2,65	1,55	1,1	490	4,0	3,0	1,1	0,1	0,8	-	0,1	
10.	Техногенные	>6,0	-	-	865	70	116	16	17	31	-	>35	
Кларк литосферы		4.65	-	-	1000	47	85	16	58	18	83	340	

Анализ содержания элементов в основных почвах бассейна Амура показывает, что железо и марганец определяют региональный геохимический фон (РГФ) природных ландшафтов и могут служить индикаторами геохимических потоков. В таблице 1 приведены средние содержания химических элементов в фоновых почвах, которые в данной работе принимаются за общий региональный фон бассейна Амура. Ряды распределения железа и марганца в почвах природных ландшафтов и их околосларковского уровня в субстрате близки между собой. Для остальных исследованных микроэлементов их содержание в почвах по отношению к уровню кларка в субстрате понижено, при этом для кадмия отмечается уровень чрезвычайного дефицита. Специфику ландшафтно-геохимических потоков территории определяют состав и активность органического вещества:

1. В тундровых и лесотундровых ландшафтах геохимические потоки контролируются литологией и процессами морозного выветривания. Многие авторы [1, 2] отмечают что в тундровых почвах уровень содержания в почвах меди, свинца и цинка низкий. Содержание бария и никеля напротив повышено, хотя и не превышает уровень кларка.

2. Геохимические потоки в лесных зонах определяются условиями миграции и аккумуляции железа и марганца [1, 5]. В таежных ландшафтах показатели содержания халькофильных элементов (Cu, Zn, Pb) понижены, а марганца и железа относительно повышены.

3. По А.П.Виноградову [1957], содержание микроэлементов во всех почвах таежной зоны составляет десятые доли от кларковых величин. Исключение составляют Mn, Zn Pb, их содержание составляет 12-13% от валового. Подзолы бедны микроэлементами, что связано с составом почвообразующих пород, низкой гумусированностью.

По сравнению с усредненными показателями состава почвообразующих пород южной части Приамурья [4] содержание в почвах меди, олова в 1,6 раз меньше среднерегиональных.

4. Процессы оглеения способствуют накоплению закисного железа. Для глеевых почв характерно повышенное содержание литофильных элементов (Li, Mn), а для болотных ландшафтов биогенное накопление элементов [3, 5]. Содержание металлов в торфах сходно с содержанием их в лишайниках.

5. При ландшафтно-геохимическом районировании следует использовать и региональные показатели элементов по ОДК и ПДК, потому что данных на эту территорию мало.

Техногенные ландшафты как аномальные участки обусловлены локальными концентрациями элементов в природной среде, часто это разрабатываемые месторождения цветных металлов, углей и др. Для оценки формирования техногенных ландшафтов были проанализированы месторождения по типу добываемого сырья (добыча угля, оловорудное и золотоносное месторождение и др.). Геохимия техногенеза свидетельствует о том, что возможны вторичные зоны рассеяния, которые контролируется этапами разработки месторождений[4]. Распределение элементов в почвах различных географических районов и контролирующих их факторов позволили выделить девять ландшафтно-геохимических зон, что может служить основой при районировании бассейна Амура.

При составлении таблиц были использованы сокращения: ГП* геохимические процессы, ОргВ** - органическое вещество почв, ФХ* - физико-химические свойства почв, ОВ* - окислительно-восстановительные условия, ОР* - ореолы рассеяния. Почвы: ГорТн. - горно-тундровые; Гош - горные органогенно-щепнистые; ПБст. - подбуры сухо-торфянистые; ПБ - подбуры; Поиг - подзолистые иллювиально-гумусовые; Бриг - буроземы иллювиально-гумусовые; Бр_{дер} - буроземы дерновые; Бргр. - буроземы грубогумусовые; Брслн. - буроземы слабо-ненасыщенные; Бркс. - буроземы кислые; Бргл - буроземы глеевые; Брсл.ог - буроземы слабонеасыщенные оглеенные; БП - подзолисто-буроземные; Лг.гл - лугово-глеевые; Лг - лугово-глеевые; ЛгЧ - лугово-черноземовидные; Кт - каштановые типичные; ЛгЧ_{Ca} - лугово-черноземовидные карбонатные; Слч - солончаки; Лг.т - лугово-глеевые типичные; ТБ - торфяные болотные; Бт - торфяно-болотные; Гл - глееземы; Лг.а - луговые аллювиальные; БЛг - лугово-болотные; Алг - аллювиально-глеевые; А - аллювиальные; Агр. - агроземы; Нн - нарушенные.

Таблица 2.

Основные принципы ландшафтно-геохимического районирования бассейна р.Амур									
№	Основные типы ландшафтов	Фоновые почвы	Основные условия формирования ландшафтов	Факторы, контролирующие ГПП*	Февал (%)	Fe+3/Fe+2 (%)	Особенности геохимического фона	Ландшафтно-геохимические Структуры (зоны)	
1	Тундровые	ГорТн	1. Многолетняя мерзлота 2. Замедлен биокруговорот 3. ОВ условия	Гранулометрический состав	1,9	-	Накопление Fe и Mn	Зона криогурбации и литогенеза	
2	Лесотундровые	Гощ, ПБст.		Литология и состав ОргВ**	2,1	1,5/0,6	Снижение Mn, Pb и Zn по отношению к РГФ		
3	Тажные	Брдер, Бриг, ПБ, Поиг	1. Многолетняя мерзлота 2. Гумус типа «МОР» 3. ОВ* условия	Агрессивные фр. ФК и ФХ* свойства почв	4,85	3,25/1,6	Накопление Fe и Mn Снижение Cu по отношению к РГФ	Зона транс ферсиаллитизации	
4	Лесотажные вулканические плато	Брдер, Бриг, Бргр	1. Сезонная мерзлота 2. Гумус типа «МОР» 3. Окислительные условия	Агрессивные фр. ФК и ГК Сг.к./Сф.к.<1	4,50	3,3/1,2	Накопление Fe и Mn в ППК-кальций	Зона транс аккумулятивного фульвогенеза	
5	Лесные широколиственные	Брслн, Бркс, Бргл	1. Островная мерзлота 2. Гумус типа «МЮЛь» 3. Окислит. условия	Агрессивные фр. ГК	3,62	2,9/0,72	Накопление Fe и Mn в ППК-кальций	Зона транс аккумуляции и сорбции	
6	Лесное редколесье холмистоувалистое	Брсл,ог БП Лг.гл	1. Гумус типа «МЮЛь» 2. ОВ условия	Сг.к./Сф.к. >1	3,19	-	Накопление Fe и Se, в ППК-кальций	Зона трансэлюво гуматогенеза	
7	Болотные мари	ТБ, тБ, Гл, Лг	1. Содержание ОВ>60% 2. Переувлажнение	Слой торфа <0,4 агрессивные фр. ФК Сг.к./Сф.к.<1	4,01	0,1/4,0	Накопление Fe+2, Mn, P, Cu, H+	Зона трансэлюво гуматогенеза	
8	Лугово-степные	ЛЧ, Кт, Слч Кг; Лг; Лгт, ЧСа	1. Содержание ОВ>6% 2. Окислительные условия	Подвижные фр. ГК Сг.к./Сф.к.>1	2,65	1,55/1,1	Накопление Fe+2, Mn высокое содержание НРК	Зона аквальной биоаккумуляции	
9	Долинно-речные	Лга, БЛг; Алг, А	1. ОВ условия 2. Аккумуляция гумуса	Гранулометрический состав	4,09	-	Равномерное распределение Fe+3, Fe+2	Зона супераквального транзита и аккумуляции	
10	Техногенные	Агр, Нн	Географический район	Тип сырья	>5,0	-	Ореолы рассеяния	Техногенные	

Работа выполнена при поддержке проекта МНТЦ № 4008.

Литература

1. Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах 2 изд., М., 1957
2. Виноградов А.П. О происхождении вещества земной коры. М.: 1961
3. Геохимия окружающей среды / Сагит Ю. Е., Ревич Б. А., Янин Е. П. М: Недра, 1990. 335 с.
4. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов. М., 2007.
5. Глазовская М.А., Касимов Н.С., Перельман А.И. Основные понятия геохимии ландшафтов, существенные для фонового мониторинга // Ландшафтно-геохимические основы фонового мониторинга природной среды. М.: Наука, 1989. С.8-25

УДК 550.47 : 502 : 911.2

ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕКОТОРЫХ ТЕХНОГЕННЫХ И ПРИРОДНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ АТМОСФЕРЫ НА УРАЛЕ МЕТОДОМ МАРШРУТНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Ю.Л. Мельчаков

Уральский государственный педагогический университет, Екатеринбург, e-mail: melchakov_y_l@mail.ru

Снижение чистоты атмосферного воздуха давно вызывает озабоченность. Наблюдаемые при этом помутнения воздуха чаще всего связывают с техногенными причинами, однако атмосферные помутнения, вызванные естественными причинами (прежде всего конденсацией водяных паров), не являются редкостью. В середине XX в. был установлен новый источник помутнений – выделяемые растениями летучие органические вещества, которые создают голубоватую дымку над лесом (еще Леонардо да Винчи очень четко описывал голубоватый туман, но неверно считал, что его источником были испарения растений). Представляется, что для обоснованных суждений о природе рассматриваемого явления нужны исследования, составной частью которых, кроме стационарных, включающих определение молекулярного и элементного состава атмосферных аэрозолей в помутнениях [1, 2], могут быть и маршрутные наблюдения.

Кратко рассмотрим некоторые результаты визуальных наблюдений, выполненных в пределах Свердловской, Челябинской, Оренбургской, Курганской областей и республики Башкортостан (от 61° с. ш. до 52° с. ш.) в течение последних двадцати лет.

Наблюдения за чистотой атмосферы проводились 28.02.2011 г., 20.11.2011 г. и 22.01.2012 г. в основном с нескольких горных вершин: в окрестностях г. Екатеринбурга и в его черте (абсолютные высоты соответственно 525 и 300-319 м). Для сопоставимости результатов все наблюдения проведены в воскресные дни в условиях четко выраженного антициклона. Во все три срока наблюдений смог над лесом (еще Леонардо да Винчи очень четко описывал голубоватый туман, но неверно считал, что его источником были испарения растений). Представляется, что для обоснованных суждений о природе рассматриваемого явления нужны исследования, составной частью которых, кроме стационарных, включающих определение молекулярного и элементного состава атмосферных аэрозолей в помутнениях [1, 2], могут быть и маршрутные наблюдения.

Кратко рассмотрим некоторые результаты визуальных наблюдений, выполненных в пределах Свердловской, Челябинской, Оренбургской, Курганской областей и республики Башкортостан (от 61° с. ш. до 52° с. ш.) в течение последних двадцати лет.

Наблюдения за чистотой атмосферы проводились 28.02.2011 г., 20.11.2011 г. и 22.01.2012 г. в основном с нескольких горных вершин: в окрестностях г. Екатеринбурга и в его черте (абсолютные высоты соответственно 525 и 300-319 м). Для сопоставимости результатов все наблюдения проведены в воскресные дни в условиях четко выраженного антициклона. Во все три срока наблюдений смог над лесом (еще Леонардо да Винчи очень четко описывал голубоватый туман, но неверно считал, что его источником были испарения растений). Представляется, что для обоснованных суждений о природе рассматриваемого явления нужны исследования, составной частью которых, кроме стационарных, включающих определение молекулярного и элементного состава атмосферных аэрозолей в помутнениях [1, 2], могут быть и маршрутные наблюдения.

Другое отличие зимы 2011-2012 гг. – обнаруженные смоговые явления над лесопарком площадью 1000 га, находящимся на юго-восточной окраине г. Екатеринбурга (при этом значимых источников загрязнения воздуха в лесопарке нет); интенсивность смога над лесопарком примерно в 3 раза меньше, чем над центральной частью города.

Смоговые явления такого же пепельно-серого цвета наблюдались также над г. Первоуральском и г. Ревдой. Таким образом, принципиальная разница в структуре выбросов: в г. Екатеринбурге автотранспорт дает более 80 % загрязнений, а в городах Первоуральск и Ревда менее 10 % – не привела к цветовым различиям смога.

Представляется интересным, что смог во все три сорока наблюдений был обнаружен только с безлесых вершин гор, с их подошв и других участков с ограниченным кругозором смоговые явления вообще не наблюдались. Последнее в условиях ясной погоды создавало полную иллюзию чистоты атмосферы. Во все три срока наблюдений четко прослеживались техногенные дымки линейной формы, обусловленные автотранспортом, причем цвет их не отличался от площадного смога над вышерассмотренными городами. Заметим, что летом смог от автотранспорта грязно-синий.

Ранее в летний период в таежных ландшафтах Северного и Среднего Урала были выполнены параллельно два вида исследований: визуальные наблюдения за чистотой атмосферы и определение масс химических элементов в приземных слоях атмосферы [2]. В табл. 1 приведены значения небольшой части определенных элементов. Визуальных отличий двух районов как в условиях чистой, так и задымленной атмосферы, не определено. Однако инструментальные исследования выявили тенденцию превышения значений масс элементов в воздухе южнотаежных ландшафтов по сравнению со среднетаежными, причем данная тенденция резко усилилась в условиях имитации лесного низового пожара. Последнее объясняем более выраженным аэротехногенезом в южнотаежных ландшафтах, что привело к закономерному росту содержания элементов как внутри фитомассы, так и на ее поверхности. Был сделан вывод: во время низовых пожаров резко нарушается обычный ход массообмена в южнотаежных ландшафтах, одни территории становятся «интенсивными донорами», а другие — напротив, «интенсивными реципиентами», что, безусловно, имеет определенные экологические последствия.

Массы водорастворимых форм элементов в приземном 25-метровом слое воздуха, г/км²

Элемент	1 ю-т л-т	1-1 ю-т л-т	2 с-т л-т	2-2 с-т л-т	Элемент	1 ю-т л-т	1-1 ю-т л-т	2 с-т л-т	2-2 с-т л-т
S	320	-	149	362	As	0,1	900	0,01	0,36
Zn	280	-	20	91	Co	0,1	-	0,052	0,045
K	42	7,6 · 10 ⁴	17	18	W	0,07	1,1	1,55	4,5
Pb	10	3000	0,527	23	U	0,05	0,45	0,022	-
P	7	43	9,6	5,5	Os	0,022	0,05	0,00032	0,00013
Cr	1,9	13	0,72	4,5	Rh	0,005	0,2	0,00071	0,00013
Ce	0,55	0,3	0,038	0,45	Pd	0,004	0,08	0,00041	0,00013
Se	0,2	1,8	0,203	1,8					

Примечания. 1. Массы определены для естественных условий задымления в южнотаёжных (1 ю-т л-т), среднетаёжных (2с-т л-т) ландшафтах и для искусственных условий задымления в южнотаёжных (1-1 ю-т л-т) и среднетаёжных (2-2 с-т л-т) ландшафтах. 2. - элементы не обнаружены.

Установлено, что явление голубой дымки, как следствие фотосинтеза растений, подчиняется определенным географическим закономерностям, причем изменение интенсивности голубой дымки происходит как в широтном, так и долготном направлениях. Голубая дымка может рассматриваться как своеобразная визитная карточка таежной зоны. В лесостепной и степной зонах Урала и сопредельных равнин голубая дымка – редкое явление.

Эффект голубой дымки усиливается в пределах таежной зоны при движении с севера на юг, а также – от западных или восточных предгорий к горной полосе. Первое объясняем усилением фотосинтетической деятельности хвойных деревьев в южной части таежного ареала (зональная причина). Так, выполненные наблюдения в пределах среднегорий Северного и Южного Урала позволили установить максимальные значения голубой дымки: соответственно 3 и 10 баллов (по десятибалльной шкале). При этом сравниваемые ландшафты во многом похожи: они характеризуются близкими абсолютными высотами и сходными темно- и светлохвойными высокобонитетными лесами. Разумеется, что наблюдения выполнялись при очень сходных погодных условиях. Вторая пространственная тенденция объясняется известным ростом ультрафиолетовой радиации в горных провинциях (азональная причина). Наибольший опалесцирующий эффект отмечен в среднегорьях Южного Урала: хребты Зюраткуль, Москаль, Нургуш и Уреньга. Видимо, отнюдь не случайно одна из турбаз в районе г. Сатка получила название «Синегорье». Возможно, определенную (но не главную) роль в усилении описываемого явления играет следующее обстоятельство. В среднегорьях дальность видимости выше, чем в низкогорьях, соответственно, больший объем масс воздуха, насыщенных фитогенными аэрозолями, оказывается в поле зрения наблюдателя, т.е. субъективно усиливается эффект помутнения атмосферы.

Анализируя явление голубой дымки, можно заключить, что выделение растениями летучих органических соединений приводит к естественному загрязнению атмосферы. При этом на степень загрязнения воздуха влияют те же погодные факторы, что и в случае техногенных загрязнений.

Кроме того, явление голубой дымки подчиняется сезонной ритмике. Естественно, что зимой в умеренных широтах такое явление наблюдать нельзя. Интересные явления можно заметить весной, в основной этап субсезона весенней вегетации. Так, в районе оз. Аракуль (восточные предгорья Южного Урала) 5.05.2002 г. отмечались прекрасные погодные условия для наблюдений. Горизонт с вершин скал-останцов (абсолютные высоты около 500 м) просматривался на многие километры. С учетом высокой температуры воздуха (более 20° С) можно было предположить интенсивный фотосинтез сосняков и, как следствие, описываемую голубую дымку. Однако она была выражена слабо (1 – 2 балла) и не во всех направлениях. Вероятно, в данное время сосны только начали вегетировать в тех местах, где почва хотя бы частично оттаяла. Последнее и объясняет мозаичность дымки. В разгар вегетации, летом, рассматриваемое явление выражено в максимальной степени.

Установлено также, что интенсивность голубой дымки зависит от суточной динамики. Так, в середине лета в среднегорьях Южного Урала в утренние и вечерние часы голубая дымка не наблюдалась, а в околополуденные часы была максимально выражена. Утром и вечером наблюдалась обычная белесая дымка, создаваемая эвапотранспирацией.

Литература

1. Донченко В.К., Ивлев Л.С. Об идентификации аэрозолей различного происхождения // Матер. 3-й междунар. конф. “Естественные и антропогенные аэрозоли”. Санкт-Петербург: НИИХ СПбГУ. 2003. С. 41-51.
2. Мельчаков Ю.Л. Исследование элементарного состава приземных слоев атмосферы в ландшафтах Урала в связи с оценкой биогеохимических условий жизнеобеспечения. // Матер. VII биогеохимической школы «Фундаментальные и инновационные аспекты биогеохимии» (Астрахань, 12-15 сентября 2011 г). Москва, 2011. С. 34-38.

УДК 631.4

ГЕОХИМИЯ КАРБОНАТОВ В ПОЧВАХ ДОЛИНЫ СРЕДНЕЙ КАТУНИ

С.С. Мешкинова, А.В. Пузанов

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, e-mail: meshkinova@iwep.asu.ru

Биогеохимия почв Алтайской горной области до настоящего времени остается не достаточно изученной. Почвы и почвообразующие породы в зоне предполагаемого затопления проектируемых Катунских ГЭС являются основой при формировании донных отложений водохранилищ. В связи с этим необходимо изучить геохимию почв формирующихся в долине.

Объекты исследования: почвы - горно-лесные черноземовидные, черноземы обыкновенные, черноземы южные и каштановые; и почвообразующие породы различных генезисов - элювиальные, делювиальные, аллювиально-делювиальные, аллювиальные отложения; и гранулометрия - щебнисто-песчаные, щебнисто-супесчаные, галечниково-песчаные и галечниково-супесчаные, а также хорошо сортированные песчаные отложения.

Карбонаты обуславливают щелочность почв и ярко выраженный щелочной барьер. Присутствие карбонатов оказывает большое влияние, как прямое, так и косвенное, на поведение в почвах многих загрязняющих веществ. В условиях нейтральной или слабощелочной реакции резко снижается концентрация в почвенных растворах большинства поллютантов, в том числе тяжелых металлов и радионуклидов.

Геохимической особенностью почв и почвообразования в долине Средней Катуни является то, что почвы формируются на мощных карбонатных аккумулятивных корах выветривания, поэтому наблюдается наличие горизонтов с высоким содержанием карбонатов (см. табл. 1, 2). В рассмотренных почвенных разрезах содержание карбонатов в горизонте их максимальной аккумуляции варьирует от 0,8 до 34,2% и в среднем равно 13+1,1 % при коэффициенте вариации 68,7%.

Концентрации карбонатов в верхних горизонтах в исследуемых почвах незначительны и увеличиваются вниз по профилю, что обуславливает изменение щелочно-кислотных условий, то есть повышение pH вниз по профилю (см. табл. 1). Это связано в значительной степени с выщелачиванием карбонатов из верхних горизонтов и их частичной аккумуляцией в нижних. Также в формировании щелочной среды играют роль почвообразующие материнские породы. При различных типах почвообразования скорость процесса выщелачивания карбонатов кальция неодинакова, встречаются и осадочно-карбонатные почвы, вскипающие с поверхности. Во всех типах почв наблюдается горизонт максимальной аккумуляции карбонатов, глубина залегания которого обуславливается положением почвы в рельефе и проявлением конкретных почвообразовательных процессов. В этих горизонтах образуется щелочной геохимический барьер на пути радиальных и латеральных потоков при миграции химических элементов в почвенных растворах [1, 2].

Таблица 2

Вариационно-статистические показатели карбонатов в гумусово-аккумулятивном горизонте и почвообразующих породах почв долины Средней Катуни, %

Горизонт	n	lim	M±m	V, %
A	25	0,8-16,7	5,8±1,0	86,4
C	22	5,7-34,2	16,1±1,5	44,4

Присутствие мощных карбонатных горизонтов со значительным содержанием карбонатов является фактором, во многом определяющим процессы миграции и аккумуляции элементов группы железа [3].

Наибольшее накопление карбонатов в исследуемых почвенных профилях обнаружено в горизонтах, где они встречаются в форме пропитки, корочек на нижней поверхности щебня, гальки, валунов. В меньшем количестве карбонаты накапливаются в горизонтах, где они находятся в псевдомицелярной форме.

Таким образом, в случае затопления карбонаты карбонатных горизонтов будут являться ведущим фактором, определяющим баланс для ионов бикарбоната в водных экосистемах, а в почвах сопряженных ландшафтов с водохранилищем представлять доминирующий щелочной барьер предотвращающий поступление тяжелых металлов и радионуклидов в водохранилище.

Литература

1. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М.: Астрель-2000, 1999. 768 с.
2. Глазовская М.А. Ландшафтно-геохимические основы фонового мониторинга природной среды М.: Наука, 1989. 264 с.
3. Якушевская И.В. Микроэлементы в природных ландшафтах. М.: Изд-во МГУ, 1973. 136 с.

УДК 631.47

ПОИСКИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

И.С. Михайлов

Почвенный институт имени В.В. Докучаева, Москва, e-mail: is-mikhaylov@yandex.ru

В течение пяти лет под руководством профессора М.А. Глазовской проводились поисково-разведочные работы с применением ландшафтно-геохимических методов. По рекомендации геологов Уральского

Внутрипрофильное распределение CaCO₃ в почвах долины Средней Катуни и значения pH водной суспензии

Генетический горизонт	Глубина образца, см	CaCO ₃ , %	pH водной суспензии
Горно-лесная черноземовидная супесчаная среднетощая на щебнисто-песчаном элювии-делювии. Левобережье долины р. Эдиган. Разрез 2			
A _{дер}	1-11	0,8	6,7
A	15-25	1,1	7,2
A	35-45	0,8	7,4
AB	45-55	2,5	7,7
B ₁ ^k	56-66	33,6	8,0
B ₂ ^k	70-80	3,1	8,7
C _k	90-100	23,1	8,1
Чернозем южный песчаный маломощный на песчано-щебнистом элювии-делювии. Правобережье долины р. Эдиган. Разрез 3			
A _{дер}	0-10	6,5	7,4
B _k	15-25	24,2	7,8
BC _k	35-45	16,2	8,0
C _k	70-80	17,2	8,0
Чернозем южный супесчаный маломощный на щебнисто-супесчаном элювии-делювии. Выше разреза 3 на 50 м. Разрез 4			
A _{дер}	0-5	1,2	7,4
A	5-15	2,3	7,6
B _k	20-30	27,5	7,9
BC _k	35-45	29,2	8,1
C _k	60-70	34,2	8,3
Чернозем обыкновенный песчаный маломощный на отложениях аллювиального сортированного песка. Левобережье долины р. Ороктой. Разрез 6			
A _{дер}	0-7	8,5	7,8
AB _k	7-17	16,7	8,1
B ₁ ^k	17-27	20,3	8,2
B ₂ ^k	35-45	28,9	8,8
BC _k	65-75	13,3	9,0
C _k	90-100	14,8	9,0
CD _k	115-125	14,2	9,1
Чернозем южный песчаный маломощный на аллювиальном сортированном песке. На 60 м ниже по склону от разреза 6. Разрез 7			
A _{дер} ^k	0-9	11,2	8,1
AB _k	9-18	15,8	8,1
B ₁ ^k	20-30	18,4	8,3
B ₂ ^k	37-47	16,9	8,6
BC _k	65-75	7,2	8,8
C _k	110-120	13,5	8,7
Горно-лесная черноземовидная супесчаная среднетощая на щебнистом элювии-делювии. Продолжение профиля через р. Ороктой. Разрез 8			
A _{дер}	0,5-9	1,1	7,2
A	5-15	0,8	7,2
AB	32-40	1,3	7,4
BC _k	43-53	6,8	8,2
BC _k	60-70	13,3	8,3
C _k	90-100	5,7	8,4

геологического управления для исследования были выделены территории; Верхнелайская в 30 км к северо-западу от города Нижний Тагил и Павдинская в 50 км к югу от города Карпинска.

Исследованные территории расположены на восточном склоне Урала в пределах Тагильско-Магнитогорского синклиниория. Верхнелайская территория представляет собой невысокие до 400 м высоты увалы, сложенные основным изверженными породами. Вершины и верхние части склонов увалов покрыты щебнистым и щебнисто-суглинистым элюво-делювием. Нижние части склонов – пологие шлейфы, сложенные суглинистыми четвертичными отложениями. Увалы разделяются долинами ручьёв и речек бассейна реки Лаи. На территории преобладают среднетаёжные лиственничные леса, на большей части нарушенные вырубками и заменённые вторичными мелколиственными лесами. На южных склонах увалов встречаются участки степной растительности. По долинам рек урёма: заросли ольхи и осины. В верхней части преобладают примитивные щебнистые почвы. На шлейфах - бурые грубогумусовые почвы с хорошо выраженным гумусовым горизонтом, нейтральной реакцией и насыщенностью основаниями. В долинах рек и на нижних частях шлейфов распространены болотные почвы. Также там встречаются многочисленные родники. На указанную территорию составлена карта геохимических ландшафтов в масштабе 1: 50000 с характеристикой геологического строения, четвертичных отложений, растительности и почвенного покрова. На карте были показаны элювиальные, транзитные аккумулятивные, супераккумулятивные ландшафты. Методом ландшафтных профилей было проведено заложение разрезов и описание пород, рыхлых отложений, почв и растительности. В точках описания были отобраны пробы: пород, рыхлых отложений, почвенных горизонтов, грунтовых вод, растительности. Из растительности отбирались стволы, ветви, хвоя или листья деревьев, укосы трав, мхи и лишайники. Эти пробы были подвергнуты спектральному анализу на основные металлы: медь, цинк, свинец, никель, кобальт, марганец, редкие земли. Анализ распределения металлов позволил выделить значительные превышения меди, цинка и других микроэлементов в породах, рыхлых отложениях, почвенных горизонтах на отдельных точках исследования. В наиболее перспективных участках: Волковском и Жеребцовском были проведены детальные исследования масштаба 1:5000. В щебнистом элювии и мелкозёме шлейфа был выявлен хорошо выраженный ореол повышенных содержаний меди, цинка и других металлов. Этот ореол подтверждался анализом проб сухих остатков грунтовых вод и золы некоторых растений в особенности мхов и лишайников. Данные ландшафтно-геохимических исследований были переданы Уральскому геологическому управлению. Бурение подтвердило наличие рудного тела. Сейчас на месте работы экспедиции располагаются рудники, горно-обогатительный комбинат и город Горноуральск.

Вторым объектом исследования была Павдинская территория, рекомендованная Уральским геологическим управлением. Эта территория оказалась разнообразнее, чем предыдущая. Основу её составляют горные кряжи, тянущиеся с севера на юг. Кряжи сложены как основными изверженными породами, так и кислыми. С ними контактируют породы вулканогенно-осадочного комплекса ордовикского периода. Вершины и верхние части склонов кряжей покрыты щебнистым элювием. Нижние части склонов представляют суглинистые шлейфы, но на глубине полутора-двух метров залегает крупно-глыбовый пролювиальный горизонт. Кряжи разделены широкими депрессиями, перекрытыми четвертичными суглинистыми отложениями. На них значительную площадь занимают болота. Кое-где выступают небольшие холмики, сложенные породами вулканогенно-осадочного комплекса. Эта территория относится к северной части средней тайги. Преобладают лиственнично-сосновые леса с участием кедра. Хорошо развит кустарниковый подлесок и травянисто-моховый напочвенный покров. На вершинах и верхних частях склонов преобладают щебнистые примитивные почвы (литозёмы), в депрессиях - бурые грубогумусные. Эти почвы содержат меньше гумуса и более кислые, чем на Верхнелайской территории. Значительные площади занимают болотные почвы. Территория дренируется многочисленными реками и ручьями бассейнов рек Ляли и Лобвы. На территорию листа масштаба 1:50000 была составлена ландшафтно-геохимическая карта и проведено опробование по указанной выше методике. С учетом спектрального анализа данных были выделены Елвинский и Кушпайский участки с повышенным содержанием микроэлементов. Елвинский участок занимает небольшую сопку сложенную габбро в контакте с карбонатными породами. Детальные исследования выявили хорошо выраженный ореол рассеивания микроэлементов на склоне сопки, связанный с контактом пород. Выявленный ореол рассеивания по своему характеру был аналогичен ореолу Волковского участка, но из-за труднодоступности не подвергся детальному геологическому изучению.

Кушпайский участок располагался в депрессии, большую часть которого занимало болото, окружённое небольшими грядами, сложенных альбитофирами, доломитами и другими породами вулканогенно-осадочного комплекса. Детальные исследования выявили значительное повышение содержания микроэлементов в особенности меди по периферии болота в зоне изменения окислительно-восстановительного потенциала. Это накопление рудных элементов, вероятно, можно отнести к ложным геохимическим аномалиям. [3]

В целом работа ландшафтно-геохимической экспедиции кафедры геохимии ландшафтов и географии почв Географического факультета МГУ имела позитивный результат. Участие в открытии Горноуральского медно-цинкового месторождения показало высокую эффективность ландшафтно-геохимического метода, разработанного М.А. Глазовской и осуществлённого ее учениками: Михайловой Р.П., Солнцевой Н.П. и автором настоящей статьи [1,2,4,5].

Литература

1. Глазовская М.А., Макунина А.А. и др. Геохимия Ландшафтов и поиски полезных ископаемых на Южном Урале. М., Изд. МГУ, 1961.
2. Глазовская М.А. Принципы ландшафтно-геохимического районирования для целей поисков

- полезных ископаемых. Вестник МГУ, серия географическая, № 6, 1962.
3. Глазовская М.А. «Ложные» геохимические аномалии, их генезис и принципы диагностики. М.-Л. Изд. ВИТР, 1963.
 4. Михайлов И.С., Михайлова Р.П. и Солнцева Н.П. Опыт составления крупномасштабной ландшафтно-геохимической карты горно-таёжных районов для целей поиска полезных ископаемых. География почв и геохимия ландшафтов, М., Изд. МГУ, 1967. 135-167
 5. Михайлова Р.П. Закономерности распределения микроэлементов в почвах таёжной зоны Урала в связи с геохимическими поисками. Почвенно-географические и ландшафтно-геохимические исследования. М., Изд. МГУ, 1964. 65-83.

УДК 504.5 + 542.81

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЧВЫ КАК СОРБЦИОННОГО БАРЬЕРА В ОТНОШЕНИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛЛЮТАНТОВ

Г.С. Морозов, И.П. Бреус

Казанский федеральный университет имени В.И. Ульянова-Ленина, Казань, e-mail: ibreus@ksu.ru

Загрязнение почв органическими поллютантами является глобальной экологической проблемой, для решения которой необходимо знание факторов и механизмов, контролирующих связывание поллютантов почвенной средой. Почва представляет собой сложный сорбент, состоящий из твердой минеральной основы и фазы почвенного органического вещества, являющегося смесью растительных и животных остатков, а также гумуса – смеси гуминовых и фульвокислот, липидов, углеводов и др. [1].

Результаты современных исследований показывают, что сорбционная активность почвы не является результатом аддитивного действия совокупности компонентов, входящих в ее состав. При этом в сухих условиях основную роль в сорбции гидрофобных поллютантов играют минеральные поверхности, а в увлажненных и влажных условиях - физические характеристики органической фазы, отражающие ее плотность и степень структурной организации.

Непостоянство состава почв затрудняет установление закономерностей распределения в них органических поллютантов и выявление детальных молекулярных механизмов и энергетических характеристик их сорбционного связывания почвенными компонентами.

Один из путей решения этой проблемы заключается в исследовании сорбции органических поллютантов органоминеральными сорбентами. Последние представляют собой частицы минерала, покрытые слоем органического модификатора, и при определенных допущениях могут рассматриваться в качестве модельных аналогов почв. При этом плотность покрытия минерала органическими молекулами оказывается тесно связанной со степенью его модифицирования [2].

Описанный метод экспериментального моделирования почвенных сред позволяет количественно характеризовать доступность и активность почвенных сорбционных сайтов в отношении органических поллютантов, выявлять и описывать основные механизмы их сорбции в почвах, а также оценивать структурные и энергетические характеристики образующихся сорбционных комплексов. Перспективность использования органомодифицированных минералов в качестве модельных почвенных сорбентов обусловлена не только близостью их состава и структуры аналогичным характеристикам почвы. Кроме того, состав и структурные особенности таких сорбентов можно строго контролировать и варьировать в широком диапазоне.

В данной работе для моделирования почвенной среды в качестве минерала-основы был выбран монтмориллонит, относящийся к группе набухающих слоисто-ленточных силикатов, структура которых хорошо изучена [3]. В качестве органического модификатора использован четвертичный аммонийный катион, входящий в состав катионного поверхностно-активного вещества – бензил-додецил-диметил-аммоний хлорида. Для варьирования фактора плотности органической фазы создавали различную степень модифицирования минерала: 17, 34 и 100% от его катионообменной емкости.

В качестве сорбатов были исследованы гидрофобные углеводороды (ароматический бензол и алифатический *n*-гексан) и гидрофильный алифатический спирт (метанол).

Модифицирование монтмориллонита проводили методом ионного обмена; степень и полноту модифицирования контролировали методом УФ-спектрометрии.

Для оценки влияния влажности на сорбционную активность модельного сорбента исследования проводили в условиях трех влажностей: абсолютно-сухой, воздушно-сухой и для предельно гидратированного сорбента (насыщение влагой при RH 100%). Экспериментальные изотермы сорбции были получены при использовании метода анализа равновесного пара на основе газового хроматографа Кристаллюкс-М 4000.

Полученные изотермы показали, что при сорбции паров органических поллютантов на чистом сухом минерале (в условиях абсолютно сухого и воздушно-сухого немодифицированного сорбента) связывание паров бензола и гексана, в отличие от метанола, происходило исключительно на центрах, расположенных на внешней поверхности минерала.

Модифицирование монтмориллонита до 5 масс.% не оказало влияния на величины сорбции бензола и гексана в условиях низкой влажности (абсолютно-сухой и воздушно-сухой сорбент), в то время как в условиях предельной гидратации оно вызвало значительный прирост величин сорбции углеводородов (до 50 мкл/г при P/P₀ 0,4) в сравнении с немодифицированным минералом. Это указывало на конкуренцию паров углеводородов за сорбционные центры с парами воды и преобладание механизма распределения в фазе органического модификатора в условиях высокой влажности.

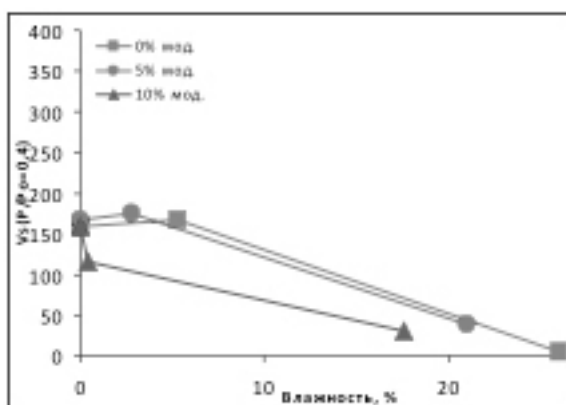


Рис. 1. Величины сорбции бензола на 0% (-■-), 5% (-●-), 10% (-▲-) - модифицированном БДДМА монтмориллоните.

При увлажнении сорбента до воздушно-сухого состояния сорбция метанола увеличивалась на 25%, в то время как сорбция углеводородов оставалась постоянной. Это свидетельствовало о том, что гигроскопическая влага занимала недоступные для углеводородов сорбционные центры, не блокируя их связывание на поверхности.

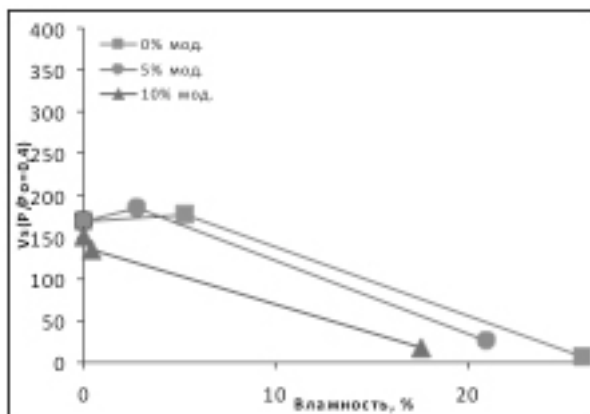


Рис. 2. Величины сорбции гексана на 0% (-■-), 5% (-●-), 10% (-▲-) - модифицированном БДДМА монтмориллоните.

С другой стороны, модифицирование поверхности минерала до 5 масс.% снизило сорбцию гидрофильного метанола при всех значениях влажности. Причиной этого являлось блокирование гидрофильных сорбционных центров минерала слоем органического вещества, образованным модификатором.

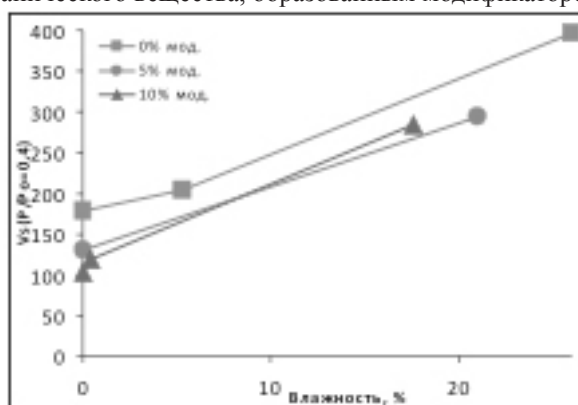


Рис. 3. Величины сорбции метанола на 0% (-■-), 5% (-●-), 10% (-▲-) - модифицированном БДДМА монтмориллоните.

Дальнейшее увеличение степени модифицирования монтмориллонита (до 10 масс.%) снижало величины сорбции гидрофобных углеводородов при всех влажностях. Этот эффект не был связан с изменением ориентации молекул модификатора относительно поверхности минерала, поскольку формирование монослоя модификатора было еще не завершено (степени модифицирования 5 и 10% масс.% составляют 17 и 34% катионообменной емкости монтмориллонита). Причина снижения заключалась в увеличении плотности органической фазы и возникавших вследствие этого препятствий для диффузии молекул углеводородов в фазу органического модификатора.

Величины сорбции гидрофильного метанола, как и в случае образца со степенью модифицирования 5 масс.%, оставались пониженными по сравнению с таковыми на не модифицированном сорбенте.

Таким образом, показано, что появление органической фазы на поверхности минерала усложняет механизм сорбции на нем, как гидрофобных, так и гидрофильных сорбатов - в зависимости от влажности среды и плотности покрытия поверхности минерала (плотности органической фазы модификатора). На органоминеральных моделях количественно оценено влияние органической фазы на связывание органических поллютантов с различным соотношением гидрофобности/гидрофильности в зависимости от структурной плотности и влажности среды.

Литература

1. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа. 1988. 324 с.
2. Valentine P., Alvarez J.J. Chemistry and microbiology of permeable reactive barriers for in situ groundwater clean up // *Critical Reviews in Microbiology*. – 2000. – V. 26. - N 4. – P. 223-231.
3. Куковский Е.Г. Особенности строения и физико-химические свойства глинистых минералов. Киев: Изд-во “Наукова думка”, 1985. – С. 5-123.

УДК 631.47

ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Д.В. Московченко

ИПОС СО РАН, Тюмень, e-mail: land@ipdn.ru

В условиях интенсивного промышленного освоения севера Западной Сибири особое значение приобретает анализ структуры и динамики ландшафтно-геохимических комплексов. Под ландшафтно-геохимической структурой понимается чередование зон выщелачивания и обогащения, их соотношение в пространстве, вещественный состав, форма и размеры [1]. Обобщение результатов изучения состава почвообразующих пород и почв таежной зоны Западной Сибири позволило выделить основные закономерности процессов миграции и аккумуляции вещества.

По отношению к кларку литосферы в почвообразующих породах четко выделяются две группы элементов: содержание халькофильных (Cu, Zn, Pb) понижено, а сидерофильных (Ti, V, Cr, Ni, Co) напротив, повышено. Генезис почвообразующих пород отражается в их химическом составе. Содержание титана максимально в ледниковых отложениях, где вдвое превышает кларк, в то время как флювиогляциальные и озерно-аллювиальные отложения содержат сниженные концентрации этого элемента. Отмечено повсеместное обогащение почв цирконием, максимальное количество которого выявлено в современных аллювиальных отложениях. Соотношение Ti/Zr максимально для ледниковых отложений возвышенности Белогорский материк, что свидетельствует о слабой гипергенной трансформации пород в это районе. Ледниковые и аллювиальные отложения различного возраста отличаются высоким содержанием марганца. Повышенное содержание никеля отмечено в озерно-аллювиальных отложениях Обь-Иртышского междуречья. Концентрация меди в отложениях различного генезиса снижена по отношению к кларку в 2-2,5 раза. Содержание цинка в ледниковых отложениях близко к кларку, а в озерно-аллювиальных и аллювиальных - в 1,9-2,2 раза ниже.

Физико-химические свойства таежных почв благоприятствуют активной миграции большинства микроэлементов. Почвы характеризуются кислой реакцией среды, преобладанием фульвокислот, ненасыщенностью основаниями, часто содержат достаточные для развития растений количества подвижного фосфора, но обеднены соединениями азота. Для многих почв характерна восстановительная обстановка, которая благоприятствует интенсивному выносу железа и марганца. Довольно высок уровень содержания в почвах титана и циркония. Из халькофильных элементов выделяется свинец, концентрация которого превышает уровень почвенного кларка. Концентрация цинка находится на уровне околосларковых величин в ландшафтно-геохимических округах с преобладанием суглинистых почвообразующих пород, и уступает им при доминировании песчаных водно-ледниковых отложений. Незначительно ниже кларка содержание меди. В породах, почвах и донных отложениях предгорий Приполярного и Северного Урала в содержание микроэлементов выше, чем на равнинных территориях, где наиболее богатым микроэлементным составом характеризуются почвы, сформировавшиеся на ледниковых отложениях Белогорского материка. Почвы участков с доминированием флювиогляциальных отложений обеднены большинством микроэлементов. Неблагоприятная биогеохимическая ситуация выявлена в Сургутском ландшафтно-геохимическом округе, где содержание микроэлементов в почвах как правило, значительно ниже почвенного кларка (таблица). В пространственном распределении показателей микроэлементного состава прослеживается своеобразная ступенчатость: относительное обогащение ландшафтно-геохимических комплексов макроповышенных (увалов) и обеднение прилегающих к ним плоских заболоченных равнин, затем - вновь обогащение почв пойм и надпойменных террас крупных рек (Оби и Иртыша).

На состав почв значительное влияние оказывают процессы биологического накопления, что приводит к аккумуляции Pb, Mn, Zn в поверхностных горизонтах. В почвах, сформировавшихся на песчаных породах, вертикальное распределение элементов свидетельствует о доминировании процессов биогенной аккумуляции при слабой выраженности ландшафтно-геохимических барьеров. В вертикальном профиле почв распределение микроэлементов зависит от их геохимических свойств. Выделяются две группы химических элементов: накапливающиеся в органогенных горизонтах (цинк, медь, свинец и кадмий) и мигрирующие

из них (железо, кобальт, никель, хром). Таким образом, в минеральной толще преобладают сидерофильные элементы, а в органогенных горизонтах – халькофильные. Для сидерофильных элементов фактором обеднения почв является относительно высокая подвижность в водной среде, в то время как халькофильные накапливаются в почве из-за относительно невысокой водомиграционной активности и закрепления на биогеохимических барьерах.

Таблица 1

Средние показатели регионального фона микроэлементов в почвах таежной зоны Западной Сибири (северная и средняя тайга)

Ландшафтно-геохимический округ	Mn	V	Ti	Cr	Zr	Sc	Ba	Sr	Ni	Co	Cu	Zn	Pb	Sn	Li
Аганский (38)	391	29	3550	47	271	16	174	126	17	3,7	16	28	14	1,2	8,0
	82	76	83	57	74	98	68	57	76	90	50	84	73	80	52
Сибирские Увалы (25)	359	20	3847	46	362	11	161	117	11	3,3	15	29	11	0,9	6,0
	70	88	69	78	71	109	78	41	88	71	61	69	84	51	36
Казымский (54)	1090	40	5866	60	232	31	271	200	24	5,3	13,4	61,0	14,3	1,37	14,5
	80	91	59	47	55	19	44	30	42	49	33	105	66	26	90
Белогорский (57)	1770	109	8765	76	303	33	271	213	37	12,6	21,4	64,2	14,4	2,14	38
	48	26	27	37	83	23	35	33	27	39	29	48	19	35	45
Сургутский (35)	254	18	1935	35	240	14	159	138	9,4	3,1	10,1	22,1	7,1	0,7	5,9
	108	92	104	95	74	119	91	104	93	81	76	115	95	47	35
Юганский (44)	714	52	6667	33	489	21	200	133	17	5,7	18,6	21,4	18,3	1,4	8,9
	39	32	23	54	47	114	45	57	35	43	22	20	16	25	35
Самотлорский (79)	377	29	2888	39	259	15	241	205	17	3,4	15,2	30,9	11,0	1,0	7,5
	113	109	98	88	54	107	71	102	83	80	55	82	87	66	57
Ваховский (32)	1593	82	8310	63	314	21	207	193	28	7,9	18,5	46	13,9	1,9	33
	41	46	31	48	95	94	56	56	41	47	29	59	27	39	83
Среднеобский (124)	1690	66	6423	54	304	27	220	148	26,0	8,6	17,4	37	12,4	1,7	31
	58	63	56	57	78	59	54	67	50	52	36	76	39	48	92
Кларк почв [2]	850	100	4600	200	300	7	500	300	40	10	20	50	10	10	30
Среднее для Западной Сибири [3]	797	87	3352	84	265	-	541	209	42	13	31	73	18	4,8	-

Примечание: в круглых скобках приведено количество проанализированных проб; числитель – среднее содержание, знаменатель – коэффициент вариации, %

Для болотных верховых почв характерно низкое содержание элементов минерального питания растений. Главными особенностями состава торфа верховых болот Западной Сибири являются высокое содержание железа, марганца, хрома, малые концентрации кадмия. Несколько выше средних значений концентрации меди.

Геохимическая трансформация ландшафтов на участках нефтедобычи представляет собой комплекс процессов, связанных как с поступлением веществ - загрязнителей, так и с нарушением природных биогеохимических циклов. Геохимическая ассоциация загрязнителей определяется особенностями применяемых технологий, составом буровых растворов, пластовых вод, степенью механических нарушений. Участки с удаленным органогенным горизонтом почв, образование которых связано с буровыми работами, внедорожным движением транспорта, характеризуются снижением содержания марганца, цинка, фосфора, меди. Радиальная и латеральная миграция является причиной интенсивного поступления загрязнителей в соподчиненные элементы сопряженного миграционного ряда ландшафтов. Нарушение условий миграции веществ приводит к ослаблению биологического круговорота, вследствие этого возрастает миграционная активность многих микроэлементов, что находит отражение в увеличении концентраций в донных отложениях. Исключение составляют никель и хром – элементы с низкими коэффициентами водной миграции. В особенности заметно увеличение при техногенезе содержания в донных осадках элементов, отличающихся интенсивным биологическим накоплением – Zn, Cu, Mn. Отмечено, что повышенной концентрацией цинка и свинца отличаются воды озер, расположенных в непосредственной близости от пробуренных скважин. При несоблюдении природоохранных технологий происходит формирование гидрохимических хлоридно-натриевых аномалий.

Литература

1. Глазовская М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высш. шк., 1988. 328 с.
2. Краткий справочник по геохимии. М.: Недра, 1977. 184 с.
3. Сысо А.И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири. Новосибирск:Изд-во СО РАН, 2007. 275 с.

УДК 631.47

**РОЛЬ ПОЧВ В ФОРМИРОВАНИИ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ
ЛАНДШАФТОВ К ЗАГРЯЗНЕНИЮ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ**

Г.В. Мотузова

МГУ имени М.В.Ломоносова, факультет почвоведения, Москва, e-mail: motuzova@mail.ru

В современных условиях растущей антропогенной нагрузки на биосферу происходят нарушения состояния экосистем на разных уровнях их организации. К началу второго десятилетия XXI века накоплены обширные сведения о негативном влиянии человеческой деятельности на состояние живых организмов (включая человека) и на состояние ландшафта. Размеры этих нарушений зависят от техногенной нагрузки, а последствия – от экологической устойчивости ландшафта. Почти вековая история развития учения об экологической устойчивости ландшафта к внешним воздействиям имеет глубокие российские корни. Фундамент этого учения – основные положения геохимии и биогеохимии, сформулированные В.И. Вернадским. Обобщив многолетний опыт собственных исследований, В.И. Вернадский разработал основы современного учения о биосфере Земли (1926). Он доказал, что появление жизни на планете Земля, взаимодействие живого вещества с неорганической материей под влиянием энергии Солнца привели к созданию биосферы, что изменило коренным образом химическое состояние земной поверхности, все превращения и круговорот химических элементов. На следующем этапе формирования состояния планеты проявилось решающее значение деятельности человека, что знаменовало превращение биосферы в ноосферу. Эти выводы В.И. Вернадского, безусловно, ставят его в ряд основателей экологии, значение которой было осознано обществом почти 50 лет спустя.

Значительным вкладом в дальнейшее развитие наук о Земле явилось учение Б.Б. Польшова о геохимии ландшафта (1948-1956). А.И. Перельман вскрыл законы формирования геохимического облика ландшафта на основе законов миграции в ландшафте химических элементов и на основе учения о биогеохимических барьерах (1961-1975). Развитие этого учения поставило на повестку дня вопрос об эколого-геохимической устойчивости почв и ландшафта к техногенным воздействиям в целом и, прежде всего, к химическому загрязнению. Ответы на этот вопрос должны были послужить основой для выявления границ безопасного функционирования ландшафта и ограничения техногенных нагрузок на него.

М.А. Глазовская является основателем учения об эколого-геохимической устойчивости почв и ландшафтов в целом (1968-1997). Она разработала понятийный аппарат учения об устойчивости почв и природных систем, о чувствительности почв к химическому воздействию, о нормализации состояния почв и ландшафтов. М.А. Глазовская расширила понятия о роли геохимических барьеров и процессов трансформации и миграции микроэлементов в почвах в ограничении их подвижности в ландшафте, выявила специфические механизмы поведения загрязняющих веществ разной природы. Она разработала классификацию микроэлементов на основе их способности к накоплению на геохимических барьерах и к миграции. Выявленные закономерности поведения загрязняющих веществ в почвах явились основой для классификации почв страны по их устойчивости к различным видам загрязняющих веществ. Результаты экспериментальных и теоретических исследований М.А. Глазовской охватили широчайший спектр аспектов проблемы эколого-геохимической устойчивости почв и ландшафтов к химическому загрязнению.

Начатые в 70-годы более чем 30-летние исследования М.А. Глазовской обеспечили в значительной мере вклад отечественной науки в развитие этого научного направления в мире [1-4]. Международными природоохранными организациями только в 80-е годы были предложены основы концепции устойчивого развития общества как гармоничного единства трех сфер: экономической, социальной и экологической. В нашей стране их развитие знаменуется Указом Президента РФ 1996 года «Об утверждении концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию». Однако последующие годы свидетельствуют о слабых успехах в обеспечении устойчивости почв к разным видам техногенного воздействия. Повышение эффективности практических методов прогноза, контроля и повышения устойчивости почв к загрязнению различными поллютантами требует совершенствования и дальнейшего развития теоретических основ экологической устойчивости почв к загрязнению, в том числе к загрязнению тяжелыми металлами. Практическое значение могут иметь следующие современные результаты развития учения М.А.Глазовской о эколого-геохимической устойчивости почв к загрязнению тяжелыми металлами, касающиеся понятийного аппарата, механизмов устойчивости почв к загрязнению и их проявлению в природных условиях, показателей устойчивости почв, влияющих факторов и пр.

1) Загрязнение почв – поступление в почвы химических веществ техногенного происхождения в количествах, превышающих природный уровень их поступления. Экологическая опасность загрязнения почв состоит в ослаблении (вплоть до утраты) способности их выполнять уникальные экологические функции. Безопасный уровень содержания химических веществ в почвах – уровень их содержания, при котором почва, контактирующая с нею вода и воздух безопасны для живых организмов всех звеньев трофических цепей.

2) Концепция экологической устойчивости ландшафта к загрязнению имеет биотическую направленность, в соответствии с чем это фундаментальное свойство ландшафта понимается, как неотъемлемая внутренняя способность его обеспечивать сохранение жизни на планете в условиях ее растущего загрязнения. Она обусловлена преимущественно экологической устойчивостью к этим воздействиям почвы, вследствие значимости прямых и обратных связей почвы со всеми компонентами ландшафта и ее уникальных функций. Из числа загрязняющих веществ заслуживают особого внимания тяжелые металлы (микроэлементы антропогенного происхождения, поступающие в окружающую среду из техногенных источников в количествах,

превышающих природный уровень их поступления), т.к. их оптимальные количества в окружающей среде необходимы для живых организмов, а избыточные количества – губительны для них.

3) Основой экологической устойчивости почв по отношению к тяжелым металлам является способность почвенных компонентов поглощать и прочно удерживать тяжелые металлы, ограничивая их миграцию в ландшафте и ослабляя негативное влияние на живые организмы.

4) Экологическая устойчивость почв к загрязнению тяжелыми металлами обусловлена системной организацией потоков металлов в ландшафте, которые формируют состав почвенных соединений металлов. Потоки эти имеют иерархическую организацию и различаются массами перераспределяющихся веществ, скоростью и дальностью их переноса между взаимно связанными компонентами почвы и ландшафта в целом. Они обеспечивают образование, структуру и функционирование биогеохимических барьеров различных уровней организации природной системы. Зонами ограничения миграции металлов на вещественно-фазовом уровне многоуровневой природной системы являются твердофазные органические и минеральные компоненты почв, поглощающие и прочно удерживающие металлы, поступившие в почву. Сорбционные характеристики почвенного материала отдельных горизонтов (емкость поглощения металлов, прочность их удерживания) служат мерой экологической устойчивости почв к загрязнению их металлами на вещественно-фазовом уровне организации системы почвенных соединений металлов. На почвенно-профильном уровне такой мерой являются коэффициенты профильной дифференциации металлов в почвах, отражающие их накопление в отдельных почвенных горизонтах. Соответственно на ландшафтно-геохимическом уровне названной системы эту функцию выполняют коэффициенты местной миграции металлов, отражающие ограничение рассеивания металлов вследствие их накопления в почвах аккумулятивных ландшафтов.

5) Анализ системы соединений металлов на вещественно-фазовом уровне ее организации свидетельствует о том, что органические и минеральные почвенные компоненты обладают способностью к удерживанию поглощенных ими металлов (природного и техногенного происхождения) с разной прочностью связи. Загрязнение почв металлами сопровождается не только увеличением (по сравнению с незагрязненными почвами) общего содержания в них этих металлов, но и изменением соотношения количеств их различных соединений. Доля непрочно удерживаемых соединений металлов в загрязненных почвах увеличивается, что свидетельствует об ухудшении эколого-токсикологической ситуации в них, что проявляется двояко: а) в повышении опасности для экосистемы загрязненных металлами почв, б) в снижении экологической устойчивости почв по мере их загрязнения металлами.

6) Загрязнение почв металлами сопровождается не только ухудшением эколого-токсикологической ситуации, но и изменением важнейших химических свойств почв (состояния гумуса и глинистых минералов, кислотно-основных, ионно-обменных свойств), отрицательно влияющих на выполнение почвами их экологических функций. Оценка устойчивости этих свойств почв к воздействию металлов не разработана.

7) Эффективность нормирования содержания металлов в почвах, подверженных загрязнению, может быть обеспечена дифференцированным подходом к почвам и ландшафтам в целом с учетом экологической устойчивости почв и ландшафтов к воздействию металлов.

Литература

1. Глазовская М.А. Принципы классификации почв по их устойчивости к химическому загрязнению. «Земельные ресурсы мира, их использование и охрана.» М. 1978, с. 85-99.
2. М.А. Глазовская. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа. 1988. 324 с.
3. Глазовская М.А. Опыт классификации почв по устойчивости к техногенному воздействию. Почвоведение, 1990, № 9, с.82-96.
4. Глазовская М.А. Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям. М., МГУ, 1997, 102 с.

УДК 631.46

ЭКОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ПОСТОЯННОГО ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Е.В. Напрасникова

Институт географии им. В.Б. Сочавы, Иркутск, e-mail: napev@irigs.irk.ru

На протяжении ряда лет нами проводятся комплексные исследования почв экологически проблемных территорий Восточной Сибири. Некоторые результаты изучения антропогенно-измененных почв, в том числе городских, в рамках современных проблем, освещены в печати ранее [1, 2].

Основная цель настоящей экспериментальной работы – изучение современного эколого-биохимического потенциала антропогенно-измененных почв в модуле постоянного техногенного воздействия на примере критических объектов городской среды – автозаправочных станций (АЗС).

Город Иркутск представляет собой крупный областной индустриальный центр. Его возраст насчитывает 350 лет. Вследствие размещения в городе крупных промышленных производств, их технологического несовершенства, включая низкую эффективность очистного оборудования, входит в группу городов с неблагоприятной экологической обстановкой. Ландшафтные условия, в которых находится город, следующие: равнинные подтаежные сосновые травяно-злаковые леса, таежные сосновые и сосново-лиственничные травяные леса на серых лесных и дерново-подзолистых почвах.

Объектом детальных исследований явились почвы, занимаемых территорий АЗС в черте города и сопредельных, расположенных в различных функциональных зонах (природно-рекреационных, селитебных, промышленных). Наряду с зонами промышленных предприятий, транзитными автомагистралями, перекрестками дорог у светофоров и дорогами общегородского значения, где высокая интенсивность движения транспорта и плотность автомобильного потока, АЗС являются в экологическом смысле критическими объектами. На фоне общего хронического загрязнения урбаноземов промышленного города, почвенный покров территории АЗС испытывает сверхнормативное воздействие. Его специфика очевидна – локальное автотранспортное загрязнение, при котором постоянно присутствуют горюче-смазочные материалы, пыль и выхлопные газы. Последние содержат около 200 веществ, большинство из которых высокотоксичные [3].

Растительный покров территорий АЗС, с различным сроком эксплуатации, разнородный. Проективное покрытие варьирует в широких пределах (от 50 до 90 %). Почва в большинстве случаев уплотненная и захламленная. Значения рН изменяются под растительностью от 6,4 до 8,4, а без нее – от 5,6 до 8,5 единиц,

Показатели уровня биохимической активности почв, связанной с трансформацией органического азота, в виде скорости разложения модельного вещества карбамида, представлены на рисунке 1. На диаграмме видно, что значения активности почв под растительностью на всех АЗС несколько выше, чем без нее. Зависимость биологической активности от возраста эксплуатации АЗС не выявлена. Установлено три совокупности данных: с высокой скоростью разложения модельного вещества (2-3 часа), средней (4-7) и продолжительной (более 7 часов). Следует считать, что наибольшей биологической активности почв соответствует наименьшее количество часов трансформации карбамида до конечных продуктов распада. Сравнивая с контрольными образцами, отмечаем, что только на трех АЗС (5, 11, 17) зарегистрирован относительно высокий уровень активности исследуемых почв. Уровень фосфатазной активности, которая имеет большое значение в мобилизации фосфора в почве, определяется щелочной фосфатазой, как доминирующей на всех изучаемых АЗС. Суммарная активность изменяется от 0,35 до 0,7 мг. При этом в контрольной почве активность несколько выше и составляет 1,1 мг отщепленного фенолфталеина, что в два раза превышает среднее значение для всего массива данных.

Кроме гидролитических определена активность ферментов из класса оксидоредуктаз. Окислительно-восстановительные ферменты всегда являлись объектом внимания исследователей в связи с их большой ролью в почвообразовательных процессах. Активность этой группы ферментов служит индикатором напряженности процессов окисления и гумификации органических веществ, а также считается наиболее чувствительным показателем при изучении экологического состояния почв, под влиянием нефтепродуктов. Результаты определения активности полифенолоксидазы (ПФО) и пероксидазы (ПО) показали, что преобладающее большинство почв характеризуется меньшей активностью ПФО, чем ПО. В контрольном варианте почвы активность данных ферментов в два и три раза выше соответственно, чем на АЗС.

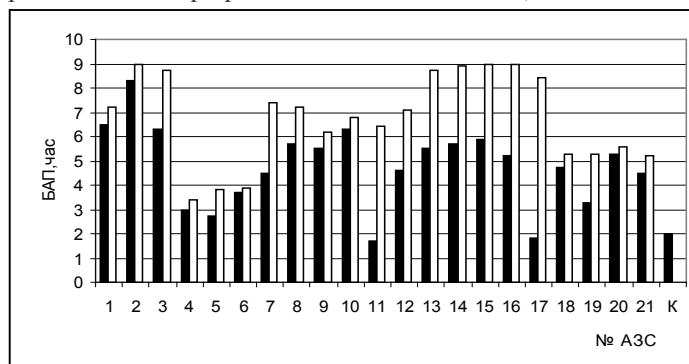


Рис. 1. Биохимическая активность почв на АЗС.

Примечание: темноокрашенные диаграммы – значения под растительностью, светлоокрашенные – без неё.

В связи с проблемами прямого определения всех токсических веществ в познании активаторно-ингибиторной функции техногенной почвы, полезно использовать косвенные методы. Речь идет об оценке степени фитотоксичности по семенам высших растений.

Результаты этих определений в лабораторных условиях позволили выявить, что преобладающее количество почв территорий АЗС ингибируют прорастание семян на 20-60%. При этом установлено, что в почвах, взятых под растительностью, степень угнетения энергии прорастания семян гораздо меньше, чем без растительности.

Таким образом, выявленные эколого-биохимические особенности почв при локальном, но сверхнормативном загрязнении можно оценить как близкие к негативным. Результаты имеют значение для дальнейшего понимания силы влияния выбросов автотранспорта и степени трансформации свойств почв. Эти материалы в известной мере можно считать прогностическими в силу того, что со временем почвы всех функциональных зон города будут испытывать всё большие нагрузки, особенно от автотранспорта.

Литература

1. Напрасникова Е.В., Снытко В.А. Щелочно-кислотные условия и биохимическая активность как показатели антропогенной изменчивости почв Прибайкалья // География природ. ресурсы. – 2001. –

№4. – С.139–141.

2. Напрасникова Е.В. Уреазная активность и pH как показатели экологического состояния почв городов Восточной Сибири // Почвоведение. – 2005. - № 11. – С. 1345-1352.
3. Коломыц Э.Г., Розенберг Г.С., Глебова О.В. и др. Природный комплекс большого города: Ландшафтно-экологический анализ. М.: Наука; МАИК, 2000. 286 с.

УДК 551:56

НОВЫЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ТИП ИСКОПАЕМЫХ ПОЧВ ИЗ ВЕРХНЕГО ДЕВОНА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

С.В. Наугольных

Геологический институт РАН, Москва, e-mail: naugolnykh@rambler.ru

Как это широко известно, палеопочвы часто являются безальтернативным источником информации о том времени, когда в данном регионе осадконакопление не происходило, и только характер педогенных преобразований ранее накопившихся осадков или материнских горных пород дает возможность составить представление о палеогеографических и климатических событиях, происходивших в течение формирования палеопочвенных профилей.

Ископаемые почвы встречаются в отложениях самого разного возраста, от докембрийских до голоценовых, практически на всех континентах.

В пределах Европейской части России докайнозойские палеопочвы встречаются довольно широко. В последние годы появилось несколько работ, посвященных результатам исследования палеопочвенных профилей позднепермского и раннетриасового возраста [1, 2]. Однако палеопочвенные профили различной степени зрелости и относящиеся к различным генетическим типам известны, с одной стороны, из значительно более древних отложений, и, с другой стороны, из более молодых отложений, например, юрских и меловых [3].

Автором было проведено предварительное изучение палеопочвенных профилей, обнаруженных в верхнедевонских (франкских) отложениях, обнажающихся по северо-восточному берегу Онежского озера в пределах разреза Андомская (Андома) гора (Вологодская область). Обнаружено три палеопочвенных профиля, относящихся к одному морфологическому типу. Краткая характеристика палеопочвенного профиля выглядит следующим образом (при описании сверху вниз):

Перекрывающая порода: пески желтовато-охристые, иногда с оранжевыми пятнами, среднеслоистые, с отчетливой косой слоистостью, среднезернистые, полимиктовые. В толще песка встречаются аллохтонные остатки минерализованной древесины прогимноспермов (археоптеридофитов) *Callixylon trifilievii* Zalesky [4], до 30 см в диаметре и иногда более полуметра длиной.

Палеопочва (20-30 см): генетический горизонт А (гумусированный) отсутствует; генетический горизонт В сложен комковатым алевролитом с микропризматической структурой. Основной цвет алевролита буровато-рыжий, с отчетливыми сизыми и палевыми пятнами, связанными с процессами оглеения и захватывающими весь объем горизонта В, но неравномерно, с большей интенсивностью оглеения в верхней части палеопочвы. Встречаются редкие мелкие глинисто-карбонатные педонодули неправильно-округлой формы, размером до 1 см в диаметре. В толще палеопочвы обнаружены вертикальные и наклонные ходы, предположительно, принадлежавшие почвенной инфауне. Ходы заполнены тонкозернистым алевропелитом яркого бордового цвета. По краям ходы окружены неравномерно развитой каймой оглеения сизого цвета.

Подстилающий слой: элювиально-почвенный горизонт С, мощностью до 2-3 см, сложен рыжим алевролитом с многочисленными карбонатно-глинистыми педонодулями с неровной кавернозной поверхностью, с длиной по максимальному измерению до 4 см.

Вмещающая порода: горизонт D, пески желтоватые, с охристыми и рыжеватыми пятнами, с отчетливой косой слоистостью, среднезернистые, полимиктовые.

Наиболее близки обнаруженным девонским палеопочвам современные железистые и хромиковые камбисоли, встречающиеся в зимне-влажных субтропиках.

Высока вероятность обнаружения палеопочв более высоких степеней зрелости в девонских отложениях в Ленинградской, Новгородской, Воронежской и Орловской областях. Здесь, помимо относительно мелководных морских, лагунных и аллювиальных отложений, присутствуют и разнообразные континентальные фации, в том числе, с макроостатками наземных растений. Поиск палеопочвенных горизонтов в этих отложениях представляется весьма перспективным.

Литература

1. Иноземцев С.А., Таргульян В.О. Верхнепермские и нижнетриасовые палеопочвы Русской плиты: подходы к диагностике и генетическому анализу // Палеонтология и стратиграфия перми и триаса Северной Евразии. Москва: Палеонтологический ин-т РАН. 2002. С. 48-49.
2. Наугольных С.В., Иноземцев С.А., Якименко Е.Ю. Сравнительный анализ типов палеопочв из пермских и триасовых отложений Русской плиты и Приуралья // Палеонтология и стратиграфия перми и триаса Северной Евразии. Москва: Палеонтологический ин-т РАН. 2002. С. 75-76.
3. Наугольных С.В. На поиски меловых палеопочв // Природа. 1910. № 4. С. 43-48.
4. Snigirevskaya N.S., Snigirevsky S.M. New locality of *Callixylon* (Archaeopteridaceae) in the Late Devonian of Andoma Mountain (Vologda Region, north-west Russia) and its importance for the reconstruction of archaopterids distribution // Acta Palaeobotanica. 2001. Vol. 41(2). P. 97-105.

УДК 911.3:63 (81)
**КАРТОГРАФИРОВАНИЕ БАЛАНСА КАЛИЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ
БРАЗИЛИИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

А.С. Наумов

МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, e-mail: alnaumov@mail.ru

Адаптивно-ландшафтный подход открывает большие перспективы для решения таких практических задач в сельском хозяйстве, как мониторинг содержания питательных веществ в почве, оценка и прогноз эффективности использования удобрений, определение оптимальных доз, сроков и способов их внесения. Реализация этого подхода, на наш взгляд, должна основываться на использовании ГИС-технологий для комплексного картографирования природных и социально-экономических параметров сельскохозяйственных систем.

Примером могут служить результаты реализации в 2001–2011 гг. исследовательского проекта «Удобрять Бразилию» (Aduba Brasil) по картографированию баланса калия в сельскохозяйственных системах Бразилии. Проект реализовывался в рамках совместной научной программы Международного института калия (International Potash Institute) и Национального центра изучения почв Бразильской корпорации сельскохозяйственных исследований (EMBRAPA Solos).

Для Бразилии, где, по данным ФАО, общая площадь сельскохозяйственных угодий составляет около 260 млн га, а площадь пашни и земель под «нулевой обработкой» – 60 млн га, характерны большие региональные контрасты в уровне внесения минеральных удобрений. Эти контрасты обусловлены как природными, так и социально-экономическими факторами. По данным Сельскохозяйственной переписи 1995/96 г., доля хозяйств, в которых регулярно вносились научно рекомендованные дозы минеральных удобрений, составляла всего 40% от общего числа, а в наименее развитом в социально-экономическом отношении Северо-восточном районе страны – менее 25% [1].

На первых стадиях реализации проекта в 2004 и 2007 гг. производилась оценка баланса калия в сельскохозяйственных системах по штатам и муниципалитетам страны. Для картографирования содержания калия в почве использовались данные 3 тыс. почвенных разрезов, имевшиеся в EMBRAPA Solos. Работа по созданию соответствующего слоя ГИС оказалась технически сложной из-за трудоёмкости привязки данных к почвенным и ландшафтным контурам и к сетке административного деления [2].

Объем выноса калия с урожаем сельскохозяйственных культур рассчитывался на основе статистических данных о валовом сборе 16 сельскохозяйственных культур (сои, кукурузы, сахарного тростника, кофе, какао, апельсинов, и т.д.), а также эвкалипта с учетом средней величины для 1 т продукции.

Как оказалось, высоким объемом выноса калия отличается относительно небольшая часть из 5,5 тыс. муниципалитетов Бразилии, где концентрируется товарное земледелие, в основном, экспортной направленности (рис. 1). Это ареалы производства сахарного тростника и апельсинов в штате Сан-Паулу, сои и кукурузы в недавно освоенных штатах Центрально-западного района (Мату-Гросу, Мату-Гросу-ду-Сул, Гояс) и в староосвоенных штатах Юга (Парана), а также очаги тропического плодоводства в Северо-восточном районе (Петролина-Жуазейро на р. Сан-Франсиско и у побережья океана).

Оценка внесения калия в почву проводилась на уровне штатов Бразилии по данным Национальной ассоциации продавцов минеральных удобрений (ANDA). Этот слой ГИС оказался наименее точным, в силу специфики исходных данных.

На последующих стадиях реализации проекта в качестве полигона для более детального изучения географических особенностей баланса калия в почвах был выбран один из главных сельскохозяйственных районов Бразилии, расположенный на юго-западе штата Гояс. Он находится в ландшафтной зоне саванн-серрадо и специализируется на производстве сои, кукурузы, хлопка, сахарного тростника, а также на мясном скотоводстве (включая откорм), свиноводстве и птицеводстве.

В серрадо преобладают красные ферраллитные почвы (ферральсоли по классификации ФАО, латосоли по бразильской национальной классификации) с низким содержанием питательных веществ, что ограничивает их сельскохозяйственное использование [4]. В конце XX в. началась масштабная сельскохозяйственная колонизация серрадо, ставшая возможной благодаря внесению высоких доз минеральных удобрений. Первоначально осваивались наиболее плодородные территории; к настоящему времени земледельческая колонизация охватила маргинальные районы серрадо с бедными почвами. Всего в серрадо было освоено под земледелие около 17 млн га, а к настоящему времени рубеж земледельческого освоения подступил к окраинам этой ландшафтной области на стыке с влажными тропическими лесами Амазонии и семиаридными внутренними районами Северо-Восточного района Бразилии [5].

Почвы на юго-западе штата Гояс характеризуются значительными различиями в уровне обеспеченности калием: от 15 до 240 мг/кг в пахотном горизонте. Для оценки содержания калия в почве использовались результаты обследований, проводившихся в хозяйствах членов сельскохозяйственного кооператива COMIGO. Экстраполяция этих данных на ландшафтные контуры позволила уточнить данные об основных характеристиках почв, включая содержание калия, для всей исследуемой территории. Данные о внесении минеральных удобрений и об урожае основных сельскохозяйственных культур были получены у фермеров в ходе опросов (в 2006 г. опрошено более 500 человек) и выборочного обследования хозяйств.

В результате получена серия карт, позволяющая оценить баланс калия в сельскохозяйственных системах, выявить территории, нуждающиеся в увеличении доз внесения калийных удобрений, а также территории, где вносятся избыточные дозы удобрений, что существенно снижает эффективность земледелия и может привести к негативным экологическим последствиям (рис. 2).

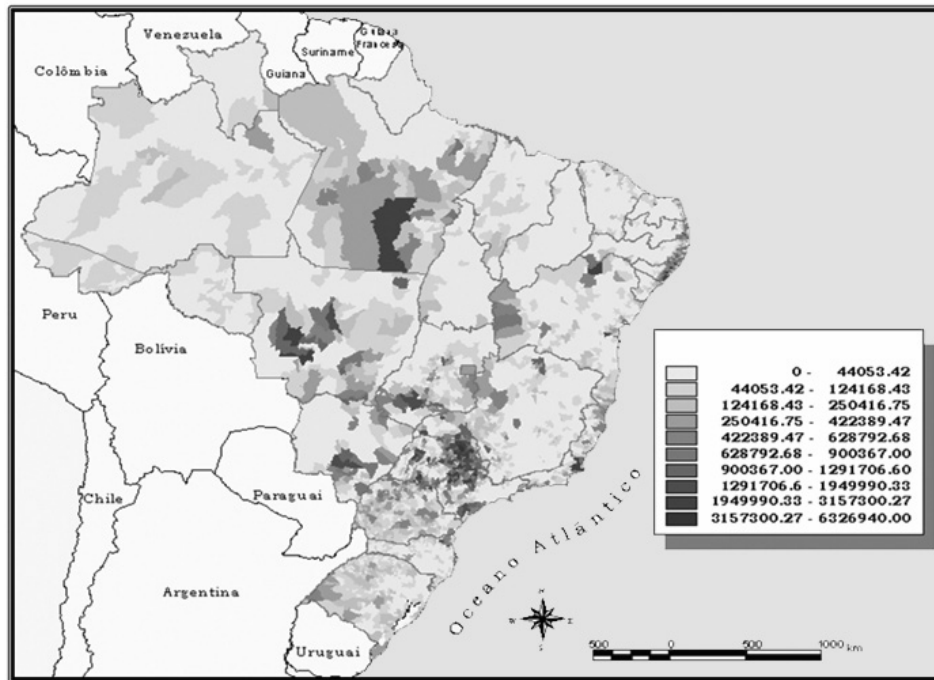


Рис. 1. Вынос калия с урожаем товарных культур в муниципалитетах Бразилии [3] (значения в легенде соответствуют суммарным объемам выноса калия (т) по муниципалитетам в 2003 г.).

Удорожание минеральных удобрений ведет к росту производственных издержек, зачастую сводя к нулю рентабельность земледелия в серрадо. Поэтому результаты проекта востребованы фермерами, вынужденными тратить на минеральные удобрения, в том числе, калийные, до 1/3 выручки от реализации урожая. Размещенные в сети интернет сведения о балансе калия позволяют уточнить величину доз внесения калийных удобрений в зависимости от местоположения хозяйств, что обеспечивает существенную экономию расходов. Очевидно, что должен быть изменен традиционный подход, при котором большинство фермеров на территории площадью более 100 тыс. км² использовали в качестве основного удобрения тукосмесь 2-20-18 и вносили ее в одинаковых дозах.

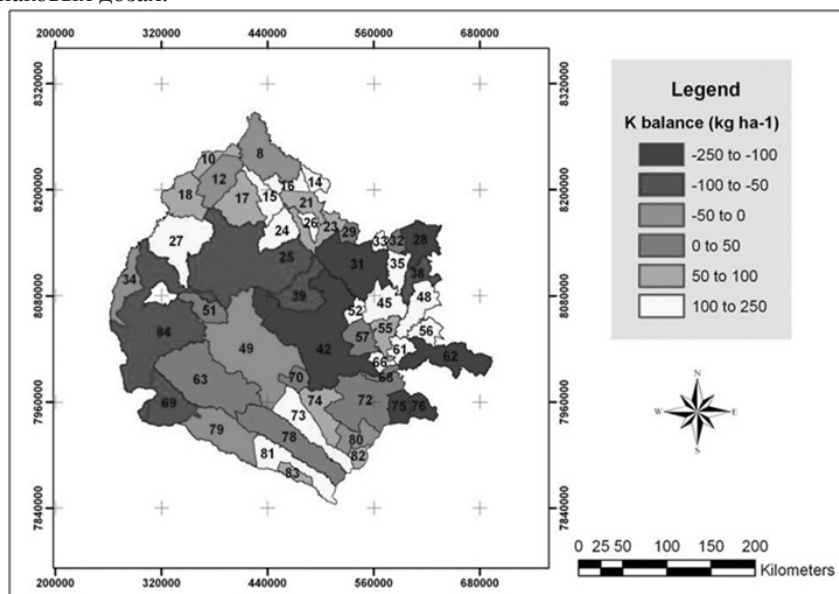


Рис.2. Баланс калия в сельскохозяйственных системах юго-запада штата Гояс, Бразилия [6] (кг/га, в среднем за 2003–2006 гг.).

В настоящее время начато создание более детальной ГИС на основе обработки спутниковых снимков LANDSAT, что позволит понизить её таксономический уровень до ландшафтных контуров и участков землепользования (полей). Разработчики также ожидают, что дополнение ГИС данными о режиме осадков и о календарном цикле производства основных сельскохозяйственных культур позволит выработать привязанные к местности рекомендации по оптимизации сроков внесения минеральных удобрений.

Как показали первые результаты проекта «Удобрять Бразилию», использование ГИС-технологий для выработки рекомендаций по дифференцированному внесению удобрений представляется интересной, но

непростой научной задачей. Особую сложность представляет сведение воедино физико-географических характеристик территории и данных сельскохозяйственной статистики.

Публикация результатов проекта в Бразилии привлекла внимание в ходе дискуссии о необходимости развертывания федеральной программы по эффективности использования минеральных удобрений, в ходе которой предполагается продолжить разработку подобных ГИС.

Литература

1. Naumov A. Land Use in Brazil: Major Contemporary Changes and Their Driving Forces. – In: Understanding Land-Use and Land-Cover Change in Global and Regional Context. Enfield, USA; Plymouth, UK: Science Publishers, Inc. 2005. P. 215.
2. Prado R.B., Benites V.M., Machado P.L.O.A., Polidoro J.C., Dart R.O. and A. Naumov. Mapping potassium availability from limited soil profile data in Brazil. – In: Digital Soil Mapping with Limited Data. Springer Science+Business Media. 2008. P. 91–101.
3. Oliveira R.P., Machado P.L.O.A., Bernardi A.C de C., and A. Naumov. Considerações sobre o uso de solo e regionalização do balanço de potássio na agricultura brasileira. In: Potássio na agricultura brasileira. Anais do Simpósio “Potássio na agricultura brasileira”. Piracicaba: POTAFOS. 2005. P. 119–164.
4. Глазовская М.А. Почвы зарубежных стран. География и сельскохозяйственное использование. М.: Мысль. 1975. С. 312.
5. Наумов А.С. Пространственные сценарии развития мирового сельского хозяйства: современная земледельческая колонизация в Южной Америке. – География мирового развития. Выпуск 2: Сборник научных трудов. М: Товарищество научных изданий КМК. 2010. С. 414–417.
6. Naumov A., Prado R.B. Mapping spatial and temporal potassium balances in Brazilian soils of south-west Goiás. *Electronic International Fertilizer Correspondent*. No. 15, March 2008. P. 5–11. – <http://www.ipipotash.org/en/eifc/2008/15/3>.

УДК 631.412

ПОЧВЕННО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИТОРИЙ ПОД ПЛОДОВЫМИ НАСАЖДЕНИЯМИ

В.Д. Наумов, Л.М. Наумова

*Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А.Тимирязева, Москва,
e-mail: naumovsol@timacad.ru*

В связи с функциональными заболеваниями плодовых культур изучали содержание валовых форм микроэлементов в черноземах обыкновенных, типичных, лугово-каштановых и лугово-черноземных почв на участках под больными и здоровыми растениями. В Запорожской области исследовались черноземы обыкновенные. Почвообразующими породами являются древнеаллювиальные отложения легко- и среднесуглинистого гранулометрического состава.

Количество валового цинка в них варьирует от 28,6 до 98,1 мг/кг почва (среднее содержание 56,0 мг/кг), валовой меди от 4,8 до 15,7 мг/кг (9,9 мг/кг) и валового марганца от 231,6 до 456,5 мг/кг (293,6 мг/кг). Полученные данные показывают, что древнеаллювиальные отложения Запорожской области характеризуются сравнительно высоким содержанием валовых микроэлементов и по этому показателю они приближаются к лёссовидным суглинкам.

Валовое содержание меди и марганца в черноземах обыкновенных в 2 раза ниже эталонного, а цинка - близко к нему. Характер распределения валовых микроэлементов по профилю исследуемых почв неодинаков, в почвах под здоровыми растениями для цинка наблюдается два максимума: в пахотном горизонте и горизонтах Вк и Ск. В почвах под больными яблонями отчетливо выражен лишь один максимум, приуроченный к средней части профиля. Более равномерно по профилю почв распределяется валовая медь, лишь в пахотном горизонте почв под больными растениями её количество почти в два раза выше. Сравнение содержания валовых микроэлементов в верхнем горизонте почв с содержанием их в почвообразующей породе, показало, что по цинку отмечается слабая положительная связь ($r = +0,10$), по меди - слабая отрицательная ($r = -0,17$), по марганцу - существенная при 5% уровне значимости положительная связь ($r = +0,78$). Верхние горизонты почв под садами обогащены валовым цинком, более чем в два раза - валовой медью, по сравнению с почвообразующей породой.

В степной зоне Крыма исследовались сады, расположенные в долине реки Биюк-Карасуг. Почвенный покров представлен лугово-каштановыми почвами, которые формируются на аллювиальных тяжелых суглинках и легких глинах. Количество валового цинка в почвообразующих породах колеблется от 66,9 до 111,7 мг/кг (среднее содержание 90,8 мг/кг), валовой меди от 15,0 до 27,1 мг/кг (21,5 мг/кг) и валового марганца от 424,8 до 599,6 мг/кг (600,0 мг/кг). Тяжелые по гранулометрическому составу аллювиальные почвообразующие породы характеризуются высоким содержанием валовых форм цинка, меди и марганца. Количество этих элементов в полтора-два раза выше по сравнению с древнеаллювиальными отложениями Запорожской области. Характер распределения валовых микроэлементов цинка и меди по профилю лугово-каштановых почв свидетельствует о максимальном их накоплении в верхних гумусовых горизонтах, вниз по профилю их количество снижается, для валового марганца отмечается два максимума: один в верхних гумусовых горизонтах, другой - в почвообразующей породе. Сравнение валового содержания микроэлементов в исследуемых почвах с эталонным показывает, что количество валового цинка в лугово-каштановых почвах

Крыма в 2 раза, а валовой меди в 3 раза выше, валового марганца - близко к нему. Кларк концентрации цинка и меди в лугово-каштановых почвах Крыма показывает устойчивое их накопление, максимум которого проявляется в верхней части профиля, он выше в почвах под здоровыми яблонями, по сравнению с пораженными деревьями. Наибольший коэффициент дифференциации выявлен у меди, что свидетельствует о биогенном и техногенном накоплении этого элемента, сильной степенью изменения содержания по профилю исследуемых почв характеризуется цинк, у марганца изменение отсутствует или выражено очень слабо. В процессе длительного сельскохозяйственного использования территории, почвы претерпевают существенное изменение, которое охватывает, прежде всего, верхний метровый слой почвы. Техногенное воздействие оказывает влияние на количественное содержание и характер распределения по профилю таких элементов как цинк и медь. Расчет корреляционной связи между содержанием микроэлементов в верхнем горизонте почв и почвообразующей породе показал высокую положительную корреляцию по цинку ($r = +0,66$), слабую по меди ($r = +0,24$) и по марганцу ($r = +0,39$).

В Предгорной части Крыма исследовали сады, растущие на лугово-чернозёмных карбонатных суглинистых почвах. Почвообразующие породы представлены древнеаллювиальными песчаными и суглинистыми карбонатными отложениями. Их особенностью является более высокое содержание в них цинка и меди, среднее содержание валового цинка составляет 90,0 мг/кг, меди - 65,0 мг/кг, марганца – 520 мг/кг. Содержание цинка в пахотных горизонтах колеблется от 94,0 до 101 мг/кг, что выше его кларкового значения; близко к этим величинам его содержание в плантажных горизонтах. Лугово-черноземные почвы характеризуются очень высоким содержанием меди. В пахотных горизонтах исследуемых почв её количество колеблется от 156 до 171 мг/кг, ещё выше содержание меди в плантажном горизонте от 158 до 244 мг/кг, то есть в верхних горизонтах содержание меди превышает ее пороговое значение в 2-2,5 раза и в 8-10 раз выше кларкового содержания. Такой характер накопления меди, связан не только с биогенным накоплением элемента, но и с техногенным загрязнением. Максимальная величина кларка концентрации установлена для меди (7-11). Коэффициент дифференциации по профилю почв значительно колеблется. Наиболее сильные изменения его по профилю почв выявлены под здоровыми яблонями. Это ещё раз подтверждает вывод о том, что в почвах под многолетними насаждениями, после проведения планировки, плантажной вспашке, складываются свои особенности почвообразования, которые не только отражаются в строении профиля почв, но и проявляются в режимах и свойствах, в специфике протекающих процессов аккумуляции и миграции химических элементов. Характерной особенностью Кд в лугово-черноземных почвах является отсутствие накопления элементов в верхней части профиля почвы, которая, за исключением меди, обеднена большинством элементов по сравнению с почвообразующей породой.

В Молдове обследованы сады, растущие на чернозёмах обыкновенных карбонатных малогумусных среднесуглинистых, подстилаемых лёссовидными карбонатными суглинками и виноградники на чернозёмах типичных среднесуглинистых на лёссовидном суглинке. Почвообразующие породы имеют близкое к кларку содержание валового цинка, бедны медью и марганцем. Максимальное содержание цинка, меди и марганца выявлено в верхних (пахотных и плантажных) горизонтах. Чернозём обыкновенный карбонатный характеризуются низким кларком концентрации цинка. Несмотря на имеющиеся различия профильного распределение цинка в почвах участков под здоровыми и больными растениями для почв данного региона выделен один геохимический барьер - верхняя граница карбонатного горизонта. Накопление цинка в данном агроландшафте незначительное, максимальное значение кларка концентрации составляет 1,1.

В черноземах обыкновенных карбонатных геохимическим барьером является карбонатный горизонт (щелочной барьер), в черноземе типичном - плантажный (механический барьер). В лугово-черноземных почвах отчетливо наблюдается два геохимических барьера: в плантажном (механический барьер) и в карбонатном (щелочной) горизонтах. В лугово-каштановых почвах четко выражен барьер в плантажном горизонте. В отличие от черноземов карбонатных под плодовыми садами, чернозёмы типичные под виноградниками имеют более высокий кларк концентраций в верхних горизонтах почв по цинку, марганцу, и очень высокий по меди.

Наиболее интенсивное техногенное загрязнение пахотного и плантажного горизонта выражено в черноземе типичном, обыкновенном карбонатном и в лугово-черноземной почве, где кларк концентрации больше 7, величина кларка концентрации от 2 до 4 характеризует лугово-каштановые почвы и 0,6-1,1 в верхних горизонтах чернозема обыкновенного. Таким образом, интенсивность загрязнения почв медью определяется не только характером растительности, но зависит от конкретной почвенно-геохимической обстановки и истории использования участка. На черноземах типичных, которые заняты под виноградники в течение длительного времени, кларк концентрации достигает 27,5.

Исследования показали, что длительное использование почв под монокультуру нарушает их трансформационные свойства, а вместе с этим и системную целостность. Территории под плодовыми насаждениями следует рассматривать, как своеобразные агроландшафты, испытывающие постоянные техногенные нагрузки. По интенсивности загрязнения верхних горизонтов медью исследуемые почвы располагаются в следующий ряд: $Ч^Г > Ч^{ОБК} > ЛгЧ > ЛгК > Ч^{ОБ}$; интенсивность накопления в почвах под садами тяжелых металлов меняется в ряду: $Cu > Zn > Mn$.

УДК 631.48

**ТЕХНОГЕННЫЙ ГАЛОГЕНЕЗ В ГОРОДСКИХ ПОЧВАХ ЮЖНО-ТАЕЖНЫХ ЛАНДШАФТОВ
(НА ПРИМЕРЕ ВАО МОСКВЫ)**

Е.М. Никифорова, Н.Е. Кошелева

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: nataalk@mail.ru

Техногенный галогенез – процесс накопления легкорастворимых солей и обменного натрия в городских почвах – обусловлен использованием противогололедных смесей на автомагистралях, тротуарах и во дворах жилых кварталов в зимнее время. Изучение засоления почв в Московском регионе показало, что внесение хлорсодержащих солей вызывает их накопление в почвах и оказывает негативное воздействие на состояние растений, приводя к их усыханию и гибели [1-4 и др.].

Несмотря на важность и актуальность этой проблемы, к настоящему времени она решена не в полной мере. Цель данной работы – установить уровни содержания, особенности распределения и сезонную динамику поведения легкорастворимых солей и обменного натрия в почвах зон различного функционального назначения на территории Восточного административного округа (ВАО) Москвы.

Объекты и методы исследований. Изучалась южная, наиболее загрязненная часть ВАО Москвы в пределах Подмосквонной Мещеры, относящейся к подзоне южной тайги и сложенной водно-ледниковыми песками и супесями. На территории округа развиты антропогенно преобразованные и искусственно созданные почвы, сформированные на мощном (1-3 м) культурном слое, а также насыпных, переотложенных и перемещенных техногенных грунтах. Почвенный покров округа достаточно сильно изменен под воздействием антропогенных процессов, которые привели к геохимической трансформации городских почв [5, 6]. По основным физико-химическим показателям они уже не соответствуют своим зональным аналогам легкого гранулометрического состава. В почвах доминируют антропогенные процессы, ведущие к деградации зонального почвообразовательного процесса и потере основных экологических функций.

Сильнокислая и кислая реакция среды фоновых почв в условиях города сменилась на нейтральную и щелочную, в верхних горизонтах почв сформировался щелочной геохимический барьер, на котором аккумулируются ряд токсичных тяжелых металлов. Дальнейшему развитию процесса подщелачивания почв способствует ежегодное внесение противогололедных смесей. По сравнению с фоном в почвах округа значительно увеличилось содержание органических веществ и элементов питания растений, величина емкости поглощения, утяжелился гранулометрический состав.

Почвенно-геохимические исследования проводились весной (в начале мая) и осенью (в конце октября) 2005 г. на основе ландшафтно-функционального зонирования изучаемой территории. Отбор почвенных проб проводился по профилю с интервалом 10 см до глубины 50 см в пяти функциональных зонах. Всего было собрано 50 образцов почв и 2 пробы противогололедных смесей. Физико-химические свойства городских и фоновых почв исследовались общепринятыми методами, состав легкорастворимых солей в пробах смесей и почв определялись в водной вытяжке (при соотношении 1:5), а содержание обменных катионов в почвах – по Пффейферу. Степень засоления почв оценивалась по классификации [7]. Предел засоления, установленный для нормального произрастания древесных насаждений, принят 0,4-0,6 % плотного остатка [2].

Результаты исследований. Соляные смеси, применяемые в округе, на 99,6 % состоят из чистой поваренной соли, содержание суммы солей в них составляет 10,0-11,3 %. Наиболее важным экологическим последствием применения противогололедных смесей является рост содержания легкорастворимых солей в почвах, которые поступают со снеговыми водами. По нашим данным, содержание хлористого натрия в снеговых водах транспортной зоны на территории округа достигает 1500-3000 мг/л, а на фоновых участках не превышает 1-2 мг/л. В весенний сезон уровни содержания и особенности распределения легкорастворимых солей в смесях и в профиле почв ВАО приводятся в табл. 1.

Все рассмотренные почвы, наследуя от смесей и снеговых вод характер засоления, имеют высокое содержание хлористого натрия – плотный остаток составляет до 1,4-2,1 %. Его максимум выявлен в поверхностном (0-20 см) слое почв. По глубине обнаружения солей почвы относятся к разряду солончаковых. Вниз по профилю содержание солей падает до 0,07-0,20 % (на глубине 50 см), что указывает на отсутствие засоления нижних горизонтов почв.

Весной наиболее сильно засолены верхние слои почв в транспортной и промышленной зонах, где сумма солей составляет 1,4-2,1 % (очень сильная и сильная степени засоления, обычно наблюдаемая в природных солончаках). Содержание хлоридов составляет в почвах этих зон соответственно 39,4-32,5 и 38,7-33,2 мг-экв /100 г, а ионов натрия – 32,6-28,4 и 33,9-27,6, что является губительным для растений. Древесные насаждения, в частности, липа, могут переносить содержание хлора в почве лишь до 7 мг-экв /100 г, а устойчивость тополя и березы еще ниже [2]. Более низкие содержания (плотный остаток – 0,5-0,2 % и 0,5-0,3 % , средняя и слабая степень засоления) выявлены в верхних горизонтах почв рекреационной и сельскохозяйственной зон. Почвы селитебной зоны старой жилой застройки, где плотный остаток равен 0,7-0,5 %, имеют сильную и среднюю степень засоления. С глубиной по профилю почв содержание суммы легкорастворимых солей падает до значений ниже предела засоления – менее 0,2 %. Хлоридно-натриевый характер засоления характерен для почв транспортной и промышленной зон, почвы рекреационной и сельскохозяйственной зон имеют бикарбонатно-кальциево-натриевое, а селитебной – хлоридно-кальциево-натриевое засоление.

Солевой состав водной вытяжки из противогололедной смеси и почв разных функциональных зон на территории ВАО Москвы (данные весеннего опробования 2005 г.)

Функциональная зона, № и местоположение разреза	Глубина, см	pH	Сумма солей, %	Общая щелочность HCO ₃ ⁻	Содержание основных ионов, мг-экв/100 г					
					Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
Противогололедная смесь	0	не опр.	11,27	0,12	1643	5,8	5,11	1,03	1612	0,21
	0	не опр.	10,04	0,14	1603	6,1	5,09	0,87	1629	0,16
Транспортная Р. 50, перекресток шоссе Энтузиастов и МКАД	0-10	8,12	2,08	0,38	39,4	0,22	5,11	0,63	32,6	0,51
	10-20	8,10	1,39	0,34	32,5	0,11	3,26	0,52	28,4	0,40
	20-30	7,84	0,69	0,21	14,2	0,05	1,82	0,31	11,6	0,23
	30-40	7,30	0,41	0,15	8,44	0,03	1,04	0,19	7,59	0,11
	40-50	7,00	0,04	0,12	4,09	0,12	0,61	0,08	3,17	0,08
Промышленная. Р. 2, промзона «Соколиная гора»	0-10	8,64	2,01	0,48	38,7	0,66	4,83	0,54	33,9	0,45
	10-20	8,06	1,24	0,35	33,2	0,57	5,09	0,41	27,6	0,43
	20-30	7,75	1,09	0,23	15,8	0,49	2,26	0,36	13,8	0,29
	30-40	7,41	0,73	0,14	8,23	0,26	1,31	0,19	8,15	0,15
	40-50	7,13	0,18	0,11	3,19	0,15	0,50	0,11	3,31	0,09
Рекреационная. Р. 10, Кусковский парк	0-10	7,30	0,52	0,94	0,25	0,10	0,64	0,16	0,48	0,16
	10-20	6,54	0,21	0,30	0,21	0,08	0,31	0,05	0,36	0,08
	20-30	6,28	0,14	0,18	0,16	0,06	0,22	0,03	0,21	0,07
	30-40	6,05	0,08	0,12	0,14	0,04	0,10	0,04	0,18	0,07
	40-50	6,13	0,06	0,10	0,11	0,01	0,10	0,04	0,10	0,05
Селитебная. Р. 24, Старые жилые кварталы в пос. Ухтомский	0-10	8,04	0,69	0,35	2,68	0,08	2,11	0,25	0,84	0,12
	10-20	7,68	0,50	0,31	1,35	0,04	1,18	0,14	0,39	0,09
	20-30	7,31	0,36	0,22	0,57	0,03	0,52	0,10	0,24	0,06
	30-40	7,08	0,18	0,16	0,30	0,01	0,29	0,05	0,18	0,07
	40-50	6,81	0,04	0,14	0,22	0,01	0,14	0,06	0,20	0,05
Сельскохозяйственная. Р. 34, залежь в пос. Кожухово	0-10	7,12	0,49	0,97	0,66	0,04	0,81	0,34	0,41	0,23
	10-20	7,00	0,34	0,75	0,28	0,03	0,36	0,27	0,38	0,16
	20-30	6,84	0,22	0,48	0,14	0,03	0,24	0,18	0,22	0,11
	30-40	6,52	0,13	0,30	0,06	0,02	0,12	0,09	0,16	0,08
	40-50	6,41	0,06	0,22	0,07	0,02	0,13	0,10	0,12	0,04

Примечание. Жирным шрифтом выделены значения, превышающие предел для нормального роста и развития древесных видов растений

Данные водных вытяжек осеннего опробования почв в тех же точках наблюдения показали, что к октябрю хлориды натрия отмываются из поверхностного слоя почв в более нижние горизонты и их содержание увеличивается с глубиной. Процесс выщелачивания солей наиболее интенсивно протекает в поверхностном слое почв транспортной и промышленной зон, где содержание хлоридов по сравнению с весной уменьшается в 5,5-6,0 раз и составляет соответственно 7,22 и 6,58 мг-экв /100 г. Содержание иона натрия в почвах этих зон еще более резко падает осенью (до 2,02-2,04 мг-экв), т.е. снижается (относительно весны) в 16 раз. В почвах других зон сезонные изменения содержания легкорастворимых солей менее значительны, но также свидетельствуют о наличии процесса их выщелачивания за летний период.

Вторым негативным следствием применения противогололедных смесей, является вхождение обменного натрия в состав поглощающего комплекса городских почв, который приводит к их солонцеватости (табл. 2). Все почвы, за исключением рекреационной зоны, характеризуются повышенной (средней и сильной) степенью солонцеватости. Максимальная степень – очень сильная и сильная (до 16,1-21,8 % обменного натрия от суммы ионов) установлена в верхней части профиля почв (на глубине 0-20 см) в транспортной и промышленной зонах. Нижние слои (ниже 20 см) в селитебной и сельскохозяйственной зонах не солонцеваты (ион натрия составляет менее 5 % от суммы катионов). Почвы рекреационной зоны слабо солонцеваты только в поверхностном 10-см слое (7,71 % обменного натрия), нижние горизонты профиля не солонцеваты (натрий составляет 0,68-2,10 % от суммы катионов).

Состав и содержание обменных катионов (мг-экв /100 г) в профиле почв разных функциональных зон на территории ВАО Москвы

Функциональная зона, № и местоположение разреза	Глубина, см	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Сумма	Na, % от суммы	Степень солонцеватости
Транспортная Р. 50, перекресток шоссе Энтузиастов и МКАД	0-10	26,4	3,81	8,60	0,62	39,4	21,8	Очень сильная
	10-20	18,6	2,15	5,41	0,34	26,5	20,4	Сильная
	20-30	15,0	0,89	2,62	0,19	18,7	14,0	Средняя
	30-40	3,56	0,28	0,59	0,23	4,66	12,7	Средняя
	40-50	1,32	0,15	0,12	0,11	1,70	7,05	Слабая
Промышленная. Р. 2, промзона «Соколиная гора»	0-10	25,8	3,12	7,14	0,56	36,6	19,5	Сильная
	10-20	19,6	2,11	5,26	0,38	27,4	19,2	Сильная
	20-30	17,4	0,96	2,37	0,24	20,9	11,3	Средняя
	30-40	5,30	0,31	0,82	0,19	6,62	12,4	Средняя
	40-50	1,26	0,12	0,24	0,10	1,72	13,9	Средняя
Рекреационная. Р. 10, Кусковский парк	0-10	27,5	5,21	2,76	0,39	35,8	7,71	Слабая
	10-20	25,1	3,18	0,61	0,26	29,1	2,10	Не солонцеваты
	20-30	2,06	2,06	0,22	0,18	22,9	0,96	-«-
	30-40	0,94	0,94	0,08	0,09	11,7	0,68	-«-
	40-50	0,59	0,59	0,06	0,09	6,04	0,99	-«-
Селитебная. Р. 24, Старые жилые кварталы в пос. Ухтомский	0-10	29,5	6,11	4,18	1,12	40,9	10,2	Средняя
	10-20	27,1	5,46	3,06	1,05	36,7	8,34	Слабая
	20-30	25,6	3,18	1,54	0,98	31,3	4,92	Не солонцеваты
	30-40	18,4	2,60	0,82	0,51	22,3	3,68	-«-
	40-50	12,8	1,13	0,59	0,12	14,6	4,04	-«-
Сельскохозяйственная. Р. 34, залежь в пос. Кожухово	0-10	21,3	5,11	2,19	0,41	29,0	7,56	Слабая
	10-20	20,1	4,62	1,84	0,30	26,9	6,84	Слабая
	20-30	18,6	3,18	1,15	0,14	23,1	4,98	Не солонцеваты
	30-40	16,2	2,06	0,72	0,08	19,1	3,77	-«-
	40-50	14,5	1,59	0,454	0,10	16,66	2,65	-«-

Выводы. Длительное применение на территории ВАО Москвы противогололедных смесей привело к техногенному засолению городских почв легкорастворимыми хлоридно-натриевыми солями и их солонцеватости. Изучение сезонной динамики распределения солей в профиле почв показало, что наиболее высокие их содержания отмечались весной в верхних горизонтах почв, на глубине 0-20 см. Максимальная степень засоления (до 1-2 % плотного остатка) установлена в почвах транспортной и промышленной зон, минимальная – в почвах рекреационной и сельскохозяйственной зон (до 0,3-0,5 % плотного остатка).

К осени легкорастворимые соли частично промываются в нижние горизонты профиля почв и грунтовые воды и степень максимального засоления почв в поверхностных горизонтах падает до 0,5-0,8 % плотного остатка, что превышает тем не менее предел содержания, установленный для нормального роста и развития древесных насаждений. Особенности техногенного галогенеза и динамика его сезонных трендов должны учитываться при проведении мониторинга и эколого-геохимических оценок состояния и уровня загрязнения почв городских ландшафтов.

Литература

1. Александровская Е.А., Мазепова В.Ч., Бережная Ю.А., Розов Ю.Н. Влияние противогололедных солей на придорожные почвы в районе г. Пушкино // Экология малого города. Пушкино, 1987, с. 144-152.
2. Обухов А.И., Лепнева О.М. Экологические последствия применения противогололедных соединений на городских автомагистралях и меры по их устранению // Экологические исследования в Москве и Московской области. Мат-лы науч.-практ. конф. М., 1990, с. 197-202.
3. Состояние зеленых насаждений и городских лесов Москве. Аналитический доклад. По данным мониторинга 1999 г. М.: Изд-во Прима-Пресс-М, 2000, 277 с.
4. Черноусенко Г.И., Ямнова И.А., Скрипникова М.Н. Антропогенное засоление почв Москвы // Почвоведение, 2003, №1, с. 97-105.
5. Кошелева Н.Е., Никифорова Е.М. Антропогенная трансформация физико-химических свойств городских почв и ее влияние на накопление свинца/ II Междунар. научная конф. «Современные проблемы загрязнения почв». 28 мая–1 июня 2007. М.: ф-т почвоведения МГУ, 2007, с.123-127.
6. Кошелева Н.Е., Касимов Н.С., Никифорова Е.М. Современное эколого-геохимическое состояние почв Москвы // Экологические проблемы промышленных городов. Сб. науч. трудов, ч. 1. Саратов,

2011. С.79-85.

7. Засоленные почвы России. Под ред. Л.Л. Шишова и Е.И. Панковой. М.: ИКЦ «Академкнига», 2006, 854 с.

УДК 631.4

ВЛИЯНИЕ МОДЕЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДИЗЕЛЬНЫМ ТОПЛИВОМ И МАЗУТОМ НА СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ТИПОВ ПОЧВ САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Ю.Г. Никулина

МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, e-mail: yunika9@mail.ru

Объекты исследования представляют собой почвы трех ключевых почвенных участков – катен, расположенных в Ногликском, Смирныховском и Макаровском районах Сахалинской области.

Для изучения влияния загрязнения дизельным топливом и мазутом на свойства некоторых типов почв Сахалинской области, приуроченных к соответствующим геохимическим профилям, были поставлены модельные опыты с имитацией естественных условий. Эксперимент проводился в течение 30 суток (данный период является максимально информативным) [3]. В качестве реагентов использовали летнее дизельное топливо и мазут. В рамках эксперимента изучалось действие возрастающих концентраций нефтепродуктов — 1,0 г; 5,0 г; 10,0 г; 20,0 г; 100,0 г и 300,0 г/кг почвы с целью установления зависимостей «доза-эффект» для каждого из нижеперечисленных биологических показателей.

Эти концентрации охватывают диапазон воздействия нефти на почвенные микроорганизмы от слабого (0,1%) до сильного (30%) и являются показательными для описания микробиологической активности почв [1]. Они соответствуют адаптационным зонам изменения амилитических сообществ в почве: зоне гомеостаза (менее 0,1%), стресса (0,1%, 0,5%, 1,0%, 2,0 %) и зоне резистентности (30,0 %) [2]. Контролем в эксперименте служили образцы почв без внесения нефти.

По прошествии 30 суток измеряли остаточное содержание нефтепродуктов в исследуемых образцах, а также концентрацию нефтепродуктов в элюате.

Были проанализированы наиболее информативные биологические показатели: фитотестирование, потенциальная активность дыхания, биомасса микроорганизмов, ферментативная (каталазная) активность.

Результаты опыта показали, что внесение малых доз дизельного топлива (1 и 5 г/кг) в образцы исследуемых почв оказывает стимулирующий эффект на интенсивность биологических процессов относительно контроля, дальнейшее повышение концентрации приводит к уменьшению интенсивности почвенного дыхания и биомассы микроорганизмов. Внесение возрастающих доз мазута вызывает закономерное падение интенсивности выделения углекислого газа и величин микробной биомассы, максимальный эффект выражен на третьи сутки измерений.

Максимальные концентрации дизельного топлива в образцах подзолистых, бурых лесных и болотных низинных почв оказывают более слабое ингибирующее действие на активность каталазы (снижение активности в среднем на 20 % по сравнению с контролем), чем эквивалентные дозы мазута (снижение на 40 %). В почвах аллювиального ряда снижение данного показателя было наименее выраженным (не более чем на 10 % и 15% при максимальной дозе 300 г/кг дизельного топлива и мазута соответственно).

Внесенное дизельное топливо вызвало больший токсический эффект (показатель всхожести уменьшился на 20-62% в разных вариантах почв), чем мазут (не более, чем на 10%), в отношении всхожести семян редиса и кресс-салата, в то время как на падение показателя роста проростков в большей степени влияет загрязнение почв мазутом.

Наибольшее остаточное содержание при всех дозах нефтепродуктов характерно для вариантов почв, формирующихся в гидроморфных условиях исследуемых катен. Сравнительный анализ остаточного содержания дизельного топлива (63-75% от исходных концентраций) и мазута (84-93 %) в образцах показывает более высокие значения остаточных концентраций мазута вследствие преобладания тяжелых углеводородов в составе последнего.

Показано, что дизельное топливо способно к миграции за пределы почвенного профиля (содержание в элюате превышает 0,1 мг/л) в образцах аллювиальной луговой почвы при достижении концентрации 10 г/кг и болотной низинной – при 20 г/кг почвы. При загрязнении мазутом в диапазоне концентраций до 20 г/кг нефтяных углеводородов в элюате не обнаружено.

Литература

1. ГОСТ 17.4.3.06—86 (СТ СЭВ 5301—85) Охрана природы. Почвы. Общие требования к классификации почв по влиянию на них химических загрязняющих веществ.
2. Гузев В.С., Левин С.В. Перспективы эколого-микробиологической экспертизы состояния почв при антропогенных воздействиях // Почвоведение, 1991. №9. С.50-62.
3. Колесников С.И., Попович А.А., Евреинова А.В., Азнаурьян Д.К. Общие закономерности влияния химического загрязнения на экологические функции почв // Материалы Международной научной конференции «Экология и биология почв: проблемы диагностики и индикации». Ростов-на-Дону, 2006. С.262-264.

УДК 502.65: 553.982.2

ОСОБЕННОСТИ РАДИАЛЬНОГО И ЛАТЕРАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ В ПОЧВАХ В УСЛОВИЯХ КАРСТОВОГО РЕЛЬЕФА

Е.А. Озерова (1), Т.А. Пузанова (2), Е.Н. Асеева (2)

(1) ЗАО Научно-производственный геоинформационный центр «Геоцентр-Консалтинг», Москва, e-mail: ozerova.ea@gmail.com; (2) МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, e-mail: puzanova@mail.ru; asejeva@mail.ru

Территории с карстовыми формами рельефа занимают не менее 20% поверхности суши. Во многих из них ведется интенсивная добыча нефти и газа. Поведение загрязняющих веществ в таких условиях отличается от их поведения в обычных (некарстовых) условиях и имеет свои характерные особенности. В частности известно, что наличие подземных каналов миграции в карстовых ландшафтах способствует формированию скрытых радиальных потоков, значительно расширяющих ореол загрязнения и создающих опасные экологические ситуации.

Основной целью работы являлось изучение влияния карста на характер и особенности латеральной и радиальной миграции загрязняющих веществ в почвах при добыче нефти. Объектом исследования стали ландшафты Кокуйского нефтяного месторождения, расположенного в Ординском районе Пермского края. На территории месторождения с конца 90-х годов (спустя 20 лет после начала его освоения) сложилась крайне неблагоприятная экологическая ситуация, связанная с загрязнением атмосферы, подземных вод и периодическими порывами нефтепроводов в долине р. Тураевки.

Территория исследования относится к карстовой области восточной окраины Русской платформы, к Кунгурско-Иренскому району интенсивного карста в гипсах и ангидридах [1].

Коренные породы в пределах района большей частью перекрыты покровом маломощных четвертичных наносов – лессовидных, делювиальных и аллювиальных суглинков. Самой широко распространенной формой карстопроявления являются карстовые воронки, как отдельные, так и образующие группы, карстовые лога, поноры. Развитие карстовых форм рельефа, обуславливая изменчивость в степени увлажненности территории, предопределяет и пространственную дифференциацию почвенного покрова и ландшафтов в целом. На водоразделе степные участки реликтовых ландшафтов злаково-разнотравных лугов на дерново-карбонатных почвах Кунгурской островной лесостепи чередуются с массивами дерново-подзолистых почв под темнохвойными еловыми мертвopoкpoвными лесами с участием мелколиственных пород, а на склонах речных долин и в пониженных элементах рельефа, в том числе в днище карстовых воронок, формируются почвы дерново-глеевого типа. Большинство почв карстовых форм сформированы по погребенным почвам, поскольку они приурочены к участкам с интенсивно протекающими склоновыми процессами.

С целью изучения латерального и радиального распределения загрязняющих веществ в почвах, было заложено два ландшафтно-геохимических профиля – на правобережье и левобережье р. Тураевка. Профиль, расположенный на правобережье, протяженностью около 700м, объединяет сопряженный ряд элементарных лесостепных, таежных и интразональных болотных ландшафтов в днище карстового лога, сформировавшегося вдоль зоны линейного тектонического разлома и проявляющегося цепью карстовых воронок. Загрязнение почв здесь связано с порывом нефтепровода. Левобережный профиль, протяженностью около 1500м, представляет собой сопряжение лесостепных и таежных ландшафтов от водораздельной поверхности до сухого русла реки. Возможный источник загрязнения вдоль профиля – законсервированные скважины кустовой площадки.

В процессе полевых исследований было отобрано 79 почвенных проб, которые анализировались в лаборатории углеродистых веществ биосферы географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Определялись общее содержание органического углерода по методу Тюрина, остаточное содержание нефти и нефтепродуктов путем люминесцентно-битуминологического анализа на установке «Флюорат 02 – 2М», значения pH в водной суспензии.

Фоновые почвы, изученные в пределах исследуемых профилей в различных ландшафтно-геохимических позициях, относятся к типам дерново-карбонатных (водораздельные поверхности, участки с неглубоким залеганием подстилающих пород), дерново-подзолистых почв (участки под таежной растительностью в условиях хорошего дренажа), а также к различным подтипам дерновых почв (склоны с мощным делювиальным чехлом и карстовыми формами рельефа). Для всех почв карстовых воронок, вскрытых в пределах исследуемых профилей, характерны погребенные горизонты. Исследования выявили, что внутрипрофильное и латеральное изменение щелочно-кислотных условий в фоновых почвах коррелирует с типом почв, наличием карбонатных обломков в почвенном профиле и составом растительного опада. Карбонатность почвенного профиля способствует подщелачиванию почвенных растворов, а разложение хвойного опада – подкислению. Содержания природных битуминозных веществ в фоновых почвах зависят от позиций рельефа. Так в почвах склоновых и водораздельных участков содержания природных битуминозных веществ варьируются от 5 до 75 мг/кг, а в фоновых почвах карстовых форм рельефа этот показатель достигает 150 мг/кг. На водораздельных и склоновых участках, а также в карстовых воронках максимальные значения содержания битуминозных веществ приурочены к органогенно-сорбционным барьерам, а в погребенных почвах, вследствие наличия погребенных гумусовых горизонтов, наблюдается второй максимум накопления природных битуминозных веществ. В фоновых почвах карстового лога, формы, заложенной вдоль зоны тектонического разлома, максимум содержания природных битумоидов смещается в нижнюю часть почвенного профиля.

Исследования нефтезагрязненных почв выявили в пределах обоих ландшафтно-геохимических профилей химически-преобразованные почвы, или хемо-почвы [3], в которых загрязнение нефтью и нефтепродуктами проявляется в трансформации морфологии горизонтов, при сохранении общего строения

почвенного профиля. Изменения заключаются в присутствии в приповерхностных горизонтах (на глубине до 6 см) цементированных битуминизированных окисленных тяжелых компонентов нефти. Остаточное содержание нефти и нефтепродуктов в таких почвах в карстовом логе превышает 50 000 мг/кг, а в почвах левобережного профиля достигает 6000 мг/кг.

Также в пределах левобережного профиля выделены загрязненные почвы с очень высокими остаточными концентрациями нефти и нефтепродуктов, более чем в тысячу раз превышающими фоновые значения, но без видимых морфологических признаков загрязнения. Несмотря на высокие концентрации нефти и нефтепродуктов (свыше 180 000 мг/кг), в этих почвах загрязнение не оказывает влияние на морфологию горизонтов, что говорит о том, что поступление загрязняющих веществ на поверхность почвы произошло недавно, и компоненты нефти и нефтепродуктов еще не подверглись окислению и цементации. Таким образом, можно говорить о различном времени поступления загрязнителей на разных участках [4].

Выявлена трансформация щелочно-кислотных свойств загрязненных почв, как в пределах карстового лога, так и на склоне. Ее направленность зависит от типа и состава поступившего загрязняющего вещества. Там, где загрязнителем являются нефть и нефтепродукты, наблюдается слабое подщелачивание почвенного профиля, а на участке, где в состав загрязняющего потока входят буровые растворы, содержащие кислоты, наблюдается значительное подкисление почвенного профиля.

Максимальные концентрации нефти и нефтепродуктов в загрязненных почвах приурочены к верхней части профиля. Как на водораздельных и склоновых участках, так и в почвах карстового лога накопление загрязняющих веществ происходит на органогенно-сорбционных барьерах по поверхностно-аккумулятивному типу распределения. С глубиной вниз по почвенному профилю содержание нефти и нефтепродуктов снижается. Характер радиального распределения загрязняющих веществ говорит о локальном поверхностном загрязнении. Латеральное внутрипочвенное перераспределение поллютантов было выявлено только в сопряженном ряду почв карстового лога, где миграция загрязняющих веществ может происходить как путем внутрипочвенного перераспределения, так и по подземным трещинам и каналам миграции. Перераспределение загрязняющих веществ ниже по склону прослеживается на расстоянии до 10м от ядра загрязнения.

Таким образом, в процессе исследования был сделан вывод о том, что особенностью поведения нефти в карстовых ландшафтах на исследуемом участке является низкая доля латеральной миграции в общем объеме перераспределения загрязняющих веществ. Наличие карстовых трещин и каналов миграции способствует преимущественно радиальному перераспределению загрязняющих веществ, тогда как заметного латерального перераспределения ореола загрязнения фактически не происходит.

Литература

1. Валуцкий С.В. Пещеры Пермской области. Екатеринбург. 2000. 135с.
1. Районирование территории Пермской области по степени риска возникновения чрезвычайных ситуаций природного и природно-техногенного характера с экологическими последствиями. Отчет. Пермский государственный университет (рукопись). Пермь. 2005. 55с.
2. Герасимова М.И. и др. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Учебное пособие. Под редакцией ак. РАН Г.В. Добровольского. Смоленск: Ойкумена. 2003. 268с.
3. Солнцева Н.П. Принципы и методы экспериментального моделирования миграции и закрепления нефти и нефтепродуктов в почвах//Геохимия ландшафтов и география почв, под ред. Н.С. Касимова, М.И. Герасимовой. Смоленск: Ойкумена. 2002. с. 65 – 90.

УДК 550.4

СПЕЦИФИКА ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ТЕХНОГЕННЫХ АКВАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТАХ

А.Ю. Опекунов

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, e-mail: a_opekunov@mail.ru

Одна из важнейших особенностей техногенных аквальных ландшафтов – формирование механических и физико-химических техногенных барьеров, которые определяют характер миграции вещества. Причина – высокий градиент физико-химических показателей. На барьерах в донных отложениях формируется определенная ассоциативность элементов, отражающая химическую специфику техногенеза. Проявление техногенных барьеров многообразно и комплексно. Среди основных классов техногенных барьеров необходимо выделить окислительные, восстановительные, кислотные, щелочные и сорбционные. На каждом из них формируется свой тип техногенных илов.

Активность геохимических процессов в техногенных аквальных ландшафтах во многом обусловлена отсутствием стадий выветривания и переноса материала, поступающего в составе промышленных и коммунально-бытовых сбросов, что является неотъемлемой частью осадкообразования в природных условиях. В зону техногенеза химические вещества и элементы (во многом в виде ионов) поступают, имея высокую потенциальную энергию взаимодействия, при этом переменновалентные элементы, как правило, находятся в высших степенях окисления под влиянием сильных окислителей.

В.П. Зверев показал [1], что в ходе осадочного процесса минеральное вещество претерпевает, по меньшей мере, 7-8 переходов из одной гидрогеохимической обстановки в другую. Это приводит к изменению химической энергии в связи с перераспределением в жидкой фазе активных компонентов и с отводом перешедших из твердой в жидкую фазу продуктов реакции при взаимодействии воды и породы. По мере

прохождения этапов седиментогенеза происходит уменьшение массы природных вод, взаимодействующих с минеральным веществом, скорости движения этих вод, и увеличивается время контакта. В этом случае растет содержание элементов в жидкой фазе, и снижается степень неравновесности вод с минералами. Происходит уменьшение кинетических показателей преобразования вещества от этапа мобилизации до этапа диагенеза на несколько порядков. В условиях антропогенного загрязнения количество гидрогеохимических переходов резко сокращается (иногда до 1-2), также как и время переноса материала. Это сохраняет химический потенциал веществ, реализующийся непосредственно в зоне техноседиментогенеза. Например, общий алгоритм преобразований высокомолекулярных ОВ сводится к потере функциональных групп, разрушению кратных связей, последовательной ароматизации и возникновению высококонденсированных структур. По мере утраты органическим веществом функциональных групп вероятность участия в сорбционном взаимодействии и образования устойчивых комплексов снижается. Иными словами, продолжительность переноса сказывается на химической активности ОВ, которая падает с увеличением времени пребывания в зоне гипергенеза и наоборот сохраняется при минимальной длительности миграции в бассейн стока.

Высокий химический потенциал обусловлен и значительной контрастностью кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных условий, степенью минерализации, различиями в гидрохимическом составе сточных и природных вод.

По этим причинам в зоне техноседиментогенеза увеличивается доля легкоподвижных фаз – явление, называемое антропогенной инверсией форм. В высококонтрастных гидрохимическом и геохимическом полях с большим количеством ионов и заряженных частиц активно развивается физико-химическое взаимодействие. Проходит коагуляция и флокуляция тонкодисперсных взвешенных частиц. При активной адсорбции микроэлементов возрастает доля поверхностно-сорбированных и обменных форм. Активируются процессы ионного обмена. Высокие содержания кальция в техногенезе становятся причиной адсорбции и включения в кальцит и другие минералы кальция микроэлементов. Органические вещества вовлекают катионы в органоминеральные комплексы и соединения. В зоне техногенеза имеют довольно широкое распространение комплексоны – хелатообразующие соединения, хорошо растворимые в воде, способные эффективно экстрагировать металлы. Здесь уместно вспомнить слова Ф.И. Тютюновой: «Современная техногенно-геохимическая деятельность человечества отличается повышением значимости комплексных соединений...» [2].

В природных условиях формы микроэлементов в донных отложениях в порядке убывания представляют следующий ряд: оксидные (кристаллические) \approx силикатные > органические > карбонатные > обменные формы [3]. Причем крайние члены этого ряда по содержанию в осадках могут различаться в 10 и более раз. Часто обменные формы, т.е. наиболее подвижные в зоне гипергенеза, в фоновых обстановках составляют доли или первые проценты от общего содержания. Эти показатели в техногенных аквальных ландшафтах резко меняются. В окисленных техногенных илах аналогичный ряд представлен следующей последовательностью: органические > обменные \approx карбонатные > силикатные > гидроксидные \approx кристаллические. В восстановительной глеевой среде: сорбционно-карбонатные \approx органические > гидроксидные \approx силикатные > кристаллические. При этом доля легкоподвижных форм может составлять 50-60% и более. В сероводородной обстановке соотношение форм (для халькофилов) отражается следующей последовательностью: сульфидные >> органические \approx кристаллические и силикатные > сорбционно-карбонатные. Здесь соотношение форм в определенной мере зависит от сродства металлов к сере. К этому следует добавить, что подвижные формы микроэлементов в условиях химического загрязнения имеют высокую положительную корреляционную связь с их валовыми содержаниями [4, 5].

Одна из ведущих природных закономерностей формирования геохимической структуры донных осадков заключается в увеличении содержания большинства микроэлементов в пелитовой фракции донных осадков, что обусловлено процессами сорбции металлов глинистыми минералами и органическим веществом. В техногенных илах фиксируется ослабление или отсутствие положительной корреляции между содержаниями металлов и пелитовой фракции. При этом отмеченная особенность усиливается по мере увеличения уровня антропогенного воздействия и роста содержания металлов. В целом это свидетельствует о незавершенности процессов механической дифференциации материала в техноседиментогенезе, где преобладают механизмы химической и физико-химической дифференциации.

Ассоциации химических элементов в техногенных аквальных ландшафтах наследуют элементный состав отходов производства. Эта особенность неоднократно отмечалась в литературе и подтверждена современными исследованиями. Совместное использование в технологических процессах химических элементов независимо от их позиции в периодической системе, присутствие в зоне техногенеза разнообразных органоминеральных и минеральных соединений приводят к формированию техногенных ассоциаций, не имеющих ничего общего с природными парагенезисами. К наиболее принципиальному отличию техногенных ассоциаций можно отнести отсутствие ассоциативности химических элементов по кислотности магматических пород, широкое распространение так называемых «запрещенных ассоциаций», т. е. парагенезисов, которые в природных условиях не образуются.

Характеризуя специфику геохимии техногенных ландшафтов, следует указать на процессы минералообразования, среди которых ведущее значение имеют кристаллизация и раскристаллизация. В первом случае происходит образование новых минеральных фаз при высоком насыщении воды соответствующими катионами и анионами и изменении рН. Например, при воздействии горнопромышленного производства из кислых вод, насыщенных сульфатами и ионами меди, цинка и кадмия, при повышении рН наблюдается осаждение купоросов меди в виде халькантита и брошантита $[2(\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}) \text{ и } \text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6]$, цинка в виде

госларита ($ZnSO_4 \times 7H_2O$), а также сульфата кадмия ($CdSO_4$) [5]. При раскристаллизация в результате фазовой неустойчивости дисперсных систем происходит образование кристаллических фаз из аморфных минеральных образований (гидроксидов, сульфидов и т. д.).

При такой активности и направленности геохимических процессов трансформация природных аквальных ландшафтов ведет к постепенному переходу от биогеоценотически разнообразных абразионных, абразионно-аккумулятивных ландшафтов к пустынным аккумулятивным, формирующимся в условиях техноседиментогенеза.

Литература

1. Зверев В.П. Гидрогеохимия осадочного процесса. Тр. Геол. ин-та РАН, вып. 477. Наука, 1993.
2. Тютюнова Ф.И. Гидрогеохимия техногенеза. М., Наука, 1987. 335 с.
3. Папина Т.С. Транспорт и особенности распределения тяжелых металлов в ряду: вода – взвешенное вещество – донные отложения речных экосистем: аналит. обзор. Новосибирск, 2001. 58 с.
4. Даувальтер В.А. Оценка экологического состояния поверхностных вод по результатам исследования химического состава донных осадков. Учебное пособие. Мурманск, изд-во МГТУК, 2006. 90 с.
5. Опекунов А.Ю., Леонтьева Л.В., Куприна М.С. Геохимические особенности современного осадкообразования в районе разработки Сибайского медноколчеданного месторождения (Южный Урал). // Вест. С.-Петербург. ун-та, 2010, сер. 7, вып. 2 (№ 15). С. 84-98.

УДК 550.4

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ЛАНДШАФТОВ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПОД ВЛИЯНИЕМ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ

М.Г. Опекунова, А.Ю. Опекунов, С.Ю. Кукушкин
СПбГУ, Санкт-Петербург, e-mail: m.opekunova@mail.ru

Нефтегазодобыча на севере Западной Сибири сопровождается ландшафтно-деструктивными, фоновыми параметрическими и эмиссионными воздействиями на окружающую среду. Масштабы изменения природно-территориальных комплексов (ПТК) оцениваются специалистами по-разному. Исследования, проведенные авторами в период с 1993 г. по 2011 г. на территории 27 лицензионных участков и 8 производственных объектов ЯНАО, позволяют установить степень трансформации ландшафтов на локальном, территориальном и региональном уровнях.

Химическое загрязнение компонентов ПТК контролировалось по комплексу ингредиентов:

- тяжелые металлы (ТМ – Cr, Ni, Pb, Co, Fe, Hg, Mn, Zn, Cu), As, металлы-индикаторы загрязнения при нефтегазодобыче (Ba, V) – во всех изученных компонентах ПТК (в почвах, снеге, воде, донных осадках и растениях);

- нефтяные углеводороды (НУ) – в почвах, снеге, воде и донных осадках;

- полихлорбифенилы (ПХБ) и полиароматические углеводороды (ПАУ) – в почвах и донных осадках;

- анионно-катионный состав, нитриты, нитраты, аммоний, фосфаты – в воде;

- радионуклиды – в почве и донных осадках.

Сопряженный анализ ландшафтно-геохимической ситуации и содержания ТМ в почвах естественных ПТК свидетельствует о том, что особенности их аккумуляции меняются при переходе от полигональных к типичным тундрам и лесотундрам (табл.). Наблюдается снижение концентрации Mn, Zn, Cu, Ni, Hg и Co в органогенных горизонтах почв от полигональных к плоскобугристым и крупнобугристым торфяникам. Концентрация Pb, Cd и As в торфе остается практически постоянной, а валовое содержание Cr и V существенно увеличивается в полигональных торфяниках. Противоположной закономерностью отличается широтное распределение Ba, концентрации которого в крупнобугристых торфяниках соответственно в 2 и 3 раза выше, чем в плоскобугристых и полигональных. Накопление ТМ в иллювиальных горизонтах почв увеличивается от полигональных тундр к лесотундрам. Наряду с естественной геохимической дифференциацией ПТК, определенный вклад вносит загрязнение окружающей среды при обустройстве месторождений.

Локальный уровень отражает результаты хозяйственной деятельности на конкретных производственных объектах (скважины, УКПГ, карьеры, линейные объекты и др). Максимальным уровнем техногенных нагрузок характеризуются ПТК в радиусе 1 км от источников воздействия. Здесь наблюдаются химическое и тепловое загрязнение, ландшафтно-деструктивные нарушения. Наиболее распространенный вид химического воздействия – загрязнение воды, донных осадков и почв НУ, вызванное разливами нефти и газоконденсата, а также складированием бурового шлама и сбросом межпластовых вод.

Концентрации НУ в загрязненной воде озер составляют, как правило, 0,020-0,025 мг/л и в большинстве случаев не достигают значений ПДК. Лишь в отдельных аквасистемах концентрации НУ могут превышать ПДК для рыбохозяйственных водоемов (до 0,160 мг/л). По данным метода инфракрасной спектроскопии содержание НУ в почвах зависит от генетического горизонта и обусловлено присутствием углеводов как антропогенного, так и природного происхождения. В поверхностном слое почв концентрация НУ достигает 318-598 мг/кг, в иллювиальном горизонте – 16-161 мг/кг. В единичных пробах максимальное значение НУ (1088-4115 мг/кг) превышает нормативный показатель (1000 мг/кг).

Применение флуориметрического метода позволяет удалить влияние природных углеводов на количество НУ в почвах. Результаты исследований показывают, что при этом содержания НУ в торфянистых горизонтах снижаются до 30-130 мг/кг, в иллювиальных горизонтах – до 5-20 мг/кг. В загрязненных почвах

вблизи скважин обнаружены высокие концентрации ПАУ (нафталина, флуорантена, бенз/а/антрацена и др.).

На территории месторождения выделяются участки локального загрязнения почв ТМ, концентрации которых превышают ОДК. Минеральные почвы преимущественно загрязнены Ni (>20 мг/кг) и Cd (>0,52 мг/кг). Почвы вблизи разведочных скважин обогащены Ва, что обусловлено загрязнением буровыми растворами. В поверхностных горизонтах почв вблизи скважин и дорог отмечено превышение ПДК для Pb (до 50 мг/кг). Расчет показателя суммарного загрязнения почв свидетельствует о среднем и сильном загрязнении ТМ (Zc=17-36) вблизи старых разведочных скважин. Слабое загрязнение почв обычно связано со строительством объектов инфраструктуры промыслов, ВЖК, УКПГ, разработкой карьеров и влиянием автотранспорта.

Локальное загрязнение ПТК при проведении буровых работ отражается в повышенной аккумуляции Cu, Ni и Cd в лишайнике *Cladonia alpestris*, а также Ва, Cd, Zn и Pb в бруснике *Vaccinium vitis-idaea*, голубике *Vaccinium uliginosum* и багульнике *Ledum decumbens*. Их высокие концентрации отмечаются в растениях, произрастающих вблизи карьеров, скважин, перекрестков дорог и указывают на преимущественно аэротехногенное поступление.

На территориальном уровне в пределах лицензионных участков химическое загрязнение проявлено слабо. В целом в компонентах ПТК отмечаются фоновые концентрации химических веществ. Солевой состав природных вод соответствует сульфатно-натриевому или гидрокарбонатно-натриевому типам. Концентрация большинства ТМ в почвах ниже кларковых в 3-9 раз. Исключение составляют близкие к кларку количества Cu и Ni, обусловленные геохимическими особенностями почвообразующих пород. Химический состав индикаторных видов выделяется значительной стабильностью. Уровень активности радионуклидов и величина α -излучения в почвах и донных осадках на локальном и региональном уровнях находятся в пределах фона и обусловлены естественной радиоактивностью. Даже на Яро-Яхинском лицензионном участке, где в 1988 г. проведен подземный ядерный взрыв, увеличения α -активности, показателя α -излучения, а также активности искусственных радионуклидов в почвах, воде и донных осадках не установлено.

Однако при отсутствии должного экологического контроля химическое воздействие проявляется и на территориальном уровне. Примером служит лицензионный участок Юрхарово, где даже на удалении от действующих промыслов и разведочных скважин зафиксировано загрязнение НУ и установлены повышенные содержания Cu, Ва и Zn в компонентах ПТК.

Региональный уровень воздействия оценивается по состоянию рек первого и второго порядка, загрязнению почв и растительного покрова в регионе, устойчивости границ природных зон и подзон.

Исследования крупных рек показали повышенный фон содержания НУ, но не превышающий нормативов для водоемов рыбохозяйственного назначения (0,05 мг/л): Обская губа – 0,009-0,021; р. Таз – 0,006-0,025; р. Надым – 0,002; р. Пур – 0,027-0,035 мг/л. Содержания ТМ и биогенных веществ находятся в пределах фона. Высокие концентрации Fe, Mn и Cu обусловлены природными факторами формирования химического состава вод и типичны для всех поверхностных вод территории ЯНАО.

Таблица 1

Среднее содержание ТМ в почвах севера Западной Сибири, мг/кг

ПТК	Месторождение	Генетический горизонт	n	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cr
Полигональные тундры и торфяники	Северо-Парусовое ГКМ	Аг, Т	39	291	30	4,5	11,6	9,0	6,2	20
		В	43	145	32	11,4	12,6	4,4	6,4	17
	Парусовое ГКМ	Аг, Т	26	204	32	5,0	9,5	5,0	4,4	16
		В	32	113	23	6,2	9,6	3,9	5,9	13
	Южно-Парусовое ГКМ	Аг, Т	22	282	29	5,4	10,8	6,5	5,9	19
		В	23	134	72	6,1	9,7	3,2	6,0	13
	Юрхаровское ГКМ	Аг, Т	35	179	29	24,0	14,4	5,6	4,8	5,8
		В	36	117	26	21,6	14,9	5,2	5,0	5,6
	Тазовско-Заполярье НГКМ	Аг, Т	43	328	30	4,2	10,4	5,1	4,6	18
		В	40	160	30	6,6	10,9	3,8	5,4	15
Типичные тундры и плоскобугристые торфяники	Северо-Самбургское НГКМ	Аг, Т	33	313	31	4,6	12,4	4,3	5,0	9,0
		В	21	104	28	7,6	10,2	3,7	5,4	13
	Западно-Песцовое ГКМ	Аг, Т	60	227	35	8,3	13,6	5,8	9,2	26
		В	47	342	37	10,9	16,3	7,4	11,5	58
	Самбургское НГКМ	Аг, Т	75	200	28	7,2	8,8	3,5	10,3	23
		В	57	96	18	4,7	6,0	2,6	5,9	25
	Северо-Пуровское ГКМ	Аг, Т	41	37	16	4,5	5,9	1,8	4,8	2,4
		В	41	49	9,4	2,1	6,0	3,0	2,0	12
	Западно-Яряхинское ГКМ	Аг, Т	99	61	22	9,4	7,1	2,7	7,3	12
		В	21	164	20	5,6	8,1	4,0	8,3	28
	Надымское НМ	Аг, Т	25	90	21	4,6	4,3	2,0	7,0	3,6
		В	30	38	7,4	2,1	3,7	1,8	1,8	4,2

Лесотундровые ПТК и крупнобугристые торфяники	Яро-Яхинское ГКМ	Ат, Т	99	91	27	9,3	6,9	1,8	6,3	3,1
		В	96	164	16	4,3	4,4	1,8	3,5	6,5
	Северо-Часельское ГКМ	Ат, Т	38	82	24	10,0	13,3	4,3	8,3	21
		В	28	435	40	9,7	20,1	8,5	10,4	72
	Береговое ГКМ	Ат, Т	44	471	43	6,8	9,4	4,4	20,4	25
		В	35	225	37	10,3	11,8	6,4	10,2	37
	Пырейное ГКМ	Ат, Т	35	142	26	4,6	5,9	2,1	11,7	13
		В	24	199	27	7,4	9,1	4,7	10,6	30
	Кынско-Часельский участок	Ат, Т	64	50	14	7,8	7,6	2,4	10,5	5,6
		В	27	105	20	9,4	10,3	4,2	11,9	20

На региональном уровне прослеживается лишь загрязнение почв и донных осадков ПХБ, обусловленное глобальным трансграничным переносом.

Региональный кларк растений значительно ниже средних показателей для растительности суши по В.В. Добровольскому, что указывает на отсутствие загрязнения в региональном масштабе. Смещения границ ландшафтных зон и подзон под влиянием техногенеза не наблюдается.

Таким образом, проведенные исследования указывают на локальное загрязнение ПТК вблизи объектов промысла и отсутствие значимой геохимической трансформации на территориальном и региональном уровнях. Результаты негативного воздействия нефтегазодобычи отражаются, в первую очередь, в ландшафтно-деструктивном нарушении, вызванном развитием инфраструктуры промыслов и населенных пунктов.

УДК 631.417:631.46:631.42

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИМИ ПОЛЛЮТАНТАМИ КАК ФАКТОР ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ДЕГУМИФИКАЦИИ ПОЧВ

Е.Е. Орлова (1, 2), Н.Е. Орлова (1), Д.А. Самуленков (2), А.Д. Кирсанов (1)

(1) СПбГУ, Санкт-Петербург, e-mail: orlova55@mail.ru;

(2) СПбНИЦЭБ РАН, Санкт-Петербург, e-mail: samulenkov_da@mail.ru

Углерод является основным элементом гумуса почв – одного из главных компонентов почвы. Он является основой плодородия и экологической устойчивости почв, служит резервом питательных веществ необходимых растениям, источником энергии для микроорганизмов, от активности которых зависит скорость очищения и самовосстановления почв, при загрязнении их различными поллютантами. В современных условиях, характеризующихся постоянно увеличивающейся антропогенной нагрузкой на почвы, особую актуальность приобретает изучение факторов, обеспечивающих их сохранение, устойчивость и стабильность биогеоценологических функций [1, 2 и др.]. В почве устойчивость к деградации под влиянием различных воздействий в значительной степени обеспечивает органическое вещество, и в первую очередь, специфические гумусовые вещества. Практически все основные процессы, характеризующие экологическую устойчивость почв – адаптация, рассеивание воздействия и регенерация – непосредственно зависят от содержания, реакционной способности, миграционных и седиментационных свойств гумусовых веществ и их собственной экологической устойчивости. Последняя определяется как способность гумусовых веществ сохранять неизменными свой состав, химическую структуру и функциональные свойства при воздействии различных факторов [3].

Целью данной работы явилось изучение влияния нефтепродуктов (НП) и полиароматических углеводородов (ПАУ) на устойчивость и подвижность гумуса дерново-подзолистых почв.

В полевых и лабораторных экспериментах изучено влияние загрязнения сырой нефтью (0,5-10%) и системой из 10 различных ПАУ (1-50 ПДК) на состав и свойства гумуса дерново-подзолистых легко- и среднесуглинистых почв различной степени окультуренности (Ленинградская обл.).

Показано, что, несмотря на различные уровни гумусированности и гранулометрический состав исследуемых почв, нефть, попадая в них, оказывает на гумусовое состояние однотипное воздействие. Наблюдается достоверное увеличение содержания всех групп и фракций гумусовых веществ, сопровождающееся закономерным снижением степени их химической «зрелости», что проявляется в уменьшении доли ароматического ядра и увеличении алифатических цепей в молекулах. Падает реакционная способность гуминовых кислот, что связано с относительным уменьшением содержания кислых функциональных групп. Вследствие этого, нарушается способность прочно связывать и, тем самым, выводить из биологического круговорота различные загрязняющие вещества, в том числе тяжелые металлы [4].

Изменения, которые претерпевает гумус почв при загрязнении их нефтью, являются деградационными. То есть, резко ухудшается качество собственно почвенного органического вещества, снижается его устойчивость и нарушаются важнейшие экологические функции гумуса и почв в целом.

Наряду с изменением состава и структуры гумуса, установлено, что нефтяное загрязнение вызывает изменение важнейшего функционального свойства гуминовых кислот – их миграционной способности. Это свойство представляется весьма важным, поскольку от миграционной способности может, в том числе, зависеть такой опасный процесс как дегумификация почв.

Установлено, что с ростом уровня загрязнения нефтью пептизируемость гуминовых кислот исследуемых дерново-подзолистых почв в воде значительно возрастает. Так, степень пептизируемости гуминовых кислот

изученных в модельном эксперименте почв возрастает от 4% до 10-16%. При этом, чем больше нефти попадает в почву, тем выше становится и уровень пептизируемости гуминовых кислот исследуемых почв. Следует отметить, что все гуминовые кислоты дерново-подзолистых почв относятся к группе бурых и характеризуются слабой миграционной способностью. Степень пептизируемости их в воде, как правило, не превышает 10-12% [5]. Наблюдаемое повышение пептизируемости может негативно отразиться на свойствах гумуса – он становится более подвижным и уязвимым. Можно высказать предположение, что вследствие этого качество гумуса при нефтяном загрязнении дерново-подзолистых почв снижается. Так, в природных условиях гуминовые кислоты, характеризующиеся повышенной пептизируемостью в воде, могут мигрировать по почвенному профилю. В климатических условиях таежно-лесной зоны с высоким уровнем увлажнения это может вызвать дегумификацию почв, а также снижение экологической устойчивости не только гумуса, но и почвы в целом.

Помимо нефтезагрязнений одной из наиболее острых экологических проблем является загрязнение окружающей среды, в том числе и почв, полициклическими ароматическими углеводородами. Они обладают токсичными, мутагенными и канцерогенными свойствами, отличаются высокой мобильностью и способностью к рассеиванию в биосфере. Попадая в почву, большая часть ПАУ необратимо связывается с почвенными компонентами.

Установлено, что при загрязнении дерново-подзолистых почв ПАУ резко возрастает миграционная способность гумусовых веществ – более, чем в 5 раз, увеличивается содержание водорастворимых органических веществ. Это в свою очередь, также может приводить к дегумификации почв. Необходимо подчеркнуть, что процессы, приводящие к увеличению содержания водорастворимого углерода, при невысоких и высоких дозах загрязнения почв ПАУ однонаправленны, хотя и различны по своей природе. Высокая биологическая активность почвы в вариантах опыта со слабым загрязнением почвы (1 и 5 ПДК) приводит к увеличению содержания лабильных форм органического вещества. В вариантах с высокими дозами загрязнения (более 10 ПДК) увеличение содержания водорастворимого углерода, происходящее на фоне подавленного функционирования почвенной биоты, по-видимому, может быть вызвано химическим взаимодействием ПАУ и почвенного органического вещества [6].

Таким образом, загрязнение дерново-подзолистых почв как нефтью, так и полиароматическими углеводородами негативно влияет на гумусовое состояние, в том числе, значительно увеличивая растворимость и подвижность гумусовых веществ, что может приводить к дегумификации почв и деградации гумуса.

Литература

1. Глазовская М.А. Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям. М.: Изд-во МГУ, 1997. 102 с.
2. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И. Органическое вещество почв Российской Федерации. М.: Наука, 1996. 256 с.
3. Орлова Е.Е., Орлова Н.Е., Бакина Л.Г. Роль органического вещества в устойчивости почв к антропогенной деградации. Мат. междунар. специализ. выставки и конф. «Акватерра – 2005» СПб, 14-16 июня 2005 г. СПб. 2005. С. 394-399.
4. Бакина Л.Г., Орлова Е.Е., Соловьева А.В. Гумусовое состояние дерново-подзолистой почвы при нефтезагрязнении в полевом модельном эксперименте /Труды IV Всерос. конф. «Гуминовые вещества в биосфере», Москва, 19-21 декабря 2007. Москва. 2007. С. 340-345.
5. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование (Методы и результаты изучения). Л. Наука. 1980. 222 с.
6. Орлова Е.Е., Самуленков Д.А. Влияние загрязнения бенз(а)пиреном на органическое вещество дерново-подзолистой почвы// Гумус и почвообразование. Сб. науч. тр. СПбГАУ. СПб. 2007. С. 29-36.

УДК 631.41:631.453:930.26

ПАЛЕОПОЧВЫ КАК АРХИВ ДЛЯ ИСТОРИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ СВИНЦОМ

Т.В. Пампура (1), В.А. Демкин (1), А. Пробст (2)

(1) Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, e-mail: pampura@mail.ru;

(2) «Эколаб», Высшая школа агрономии (ENSAT) Национального политехнического института, НЦНИ, Тулуза, Франция, e-mail: anne.probst@ensat.ru

Согласно общепринятой точке зрения, загрязнение окружающей среды свинцом началось уже несколько тысячелетий тому назад на заре развития металлургии и достигло в наше время глобальных размеров. Однако для количественной оценки масштабов современного загрязнения почвенного покрова, необходимо найти точку отсчета – незагрязненные «до-индустриальные» почвы. Нами была предпринята попытка использовать в этом качестве палеопочвы, погребенные под курганами бронзового и железного веков в степях нижней Волги. Изучены основные химические и морфологические характеристики, элементный состав, а также формы и изотопный состав свинца погребенных под курганными и современных (придорожных и фоновых) почв. Хроноряд исследованных почв охватывает 4500 лет. Археологическое датирование на основе артефактов подтверждено радиоуглеродным датированием гумуса погребенных почв сарматского времени. Потенциальная способность курганов предохранять погребенные под ними почвы от воздействия современных выпадений свинца была изучена при помощи короткоживущего изотопа ^{210}Pb атмосферного происхождения

(неравновесный ^{210}Pb). Показано, что, в пределах точности определения, присутствие современного атмосферного свинца в погребенных почвах достоверно не подтверждается. Обобщение литературных данных по торфяным отложениям Европы показало смещение изотопного состава свинца атмосферных выпадений во времени под влиянием антропогенного фактора в сторону менее радиогенных составов. Результаты исследования донных отложений болота Харабулук, расположенного неподалеку от района исследования, показали, что коэффициенты обогащения свинцом верхних слоев торфяных отложений по сравнению с глубокими слоями относительно Sc, Ti и Al, несколько возрастают, а содержание валового свинца в отдельных приповерхностных слоях удваивается. Этот факт может служить свидетельством увеличения со временем антропогенной составляющей в атмосферных выпадениях свинца в исследуемом регионе. Однако последствия этого для почв неочевидны, вследствие возможной миграции металла и выносе его со временем за пределы почвенного профиля. Важную роль играет климатический фактор, когда похолодание и увеличение осадков может отчасти компенсировать поступление антропогенного свинца с современной почвой по сравнению с погребенной за счет возрастания подвижности металла. Климатические реконструкции проводили на основе сравнения морфологических и химических характеристик погребенных почв и их современных аналогов. Показано, что катакомбные погребенные почвы (бронзовый век, 4500 лет назад) формировались в условиях более засушливого климата, в то время как среднесарматские почвы (железный век, 1900 лет назад) – менее засушливого по сравнению с современностью.

Результаты показывают, что придорожные почвы отличаются от всех остальных значительно более высоким содержанием свинца в подвижной и валовой формах, более высокой долей подвижных форм, а также значительным обогащением почв свинцом по отношению к Ti, Sc, Al. Изотопный состав свинца в валовой и подвижных формах значительно обогащен радиогенной составляющей и близок к составам свинца бензина, свинцовых руд и современных аэрозолей.

Удаленные от дорог современные почвы отличаются от погребенных почв в значительно меньшей степени, чем придорожные. Содержание и доля подвижных форм в общем пуле свинца несколько повышена в современных почвах по сравнению с погребенными. Это, с одной стороны, может свидетельствовать об антропогенном влиянии, с другой стороны, может быть объяснено естественными причинами (более высокая степень выветривания современных почв, большее содержание в них органического вещества и гидроксидов марганца). Изотопный состав подвижного свинца слегка смещен в современных почвах по сравнению с погребенными в сторону составов свинца бензина и атмосферных аэрозолей. Однако признаки возможного антропогенного воздействия, отмечаемые при анализе подвижной формы свинца в современной удаленной от дорог почве, практически не проявлены в валовой форме. Наши данные по палеопочвам не подтверждают популярную идею о глобальном характере и высоком уровне загрязнения почв свинцом [1, 2, 3]. По-видимому, загрязнение почв в исследованном районе носит скорее локальный характер, обусловлено местным автотранспортом и проявлено вдоль дорог в пределах десятков метров.

Литература

1. Bindler R., Brännvall M-L, Renberg I. Natural lead concentrations in pristine boreal forest soils and past pollution trends: a reference for critical load models. *Environmental Science and Technology*. Vol. 33. 1999. p.3362-3367.
2. Bindler R., Renberg I., Klaminder J. Bridging the gap between ancient metal pollution and contemporary biogeochemistry. *Journal of Paleolimnology*. Vol. 40. 2008. p. 755-770.
3. Renberg I., Brännvall M.-L., Bindler R., Emteryd O. Atmospheric lead pollution history during four millennia (2000BC to 2000AD) in Sweden. *Ambio*. Vol. 29. №3. 2000. p.150-156.

УДК 550.4:[551.444+911.2](574.4)

ГЕОХИМИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА

М.С. Панин, М.И. Панина

Семипалатинский государственный педагогический институт, Семей, e-mail: pur@sgpi.kz

Геохимия вод Восточного Казахстана определяется сложным взаимодействием многочисленных природных и техногенных факторов.

Города Восточно-Казахстанской области являются крупнейшими промышленными центрами Республики Казахстан, в которых функционируют гиганты цветной и черной металлургии, атомно-промышленного комплекса и теплоэнергетики.

Наряду с антропогенным влиянием огромный вклад на геохимию подземных вод региона вносит и природная составляющая. На территории региона сосредоточено 24 % балансовых запасов свинца, 41 % цинка, 45 % меди от общереспубликанских запасов. В недрах имеются месторождения олова, тантала, титана, магния, никеля и кобальта, 50 месторождений золота. Из углеводородного сырья – крупные месторождения каменного угля и горючих сланцев, нефти. Балансовые запасы цветных металлов сосредоточены в 25 месторождениях. Зыряновское, Лениногорское, Никольское, Малеевское месторождения по запасам и ценностям не имеют равных в СНГ.

Складируемые отходы промышленных предприятий являются основными источниками загрязнения водоносного горизонта подземных вод. В накопителях отвальных продуктов (шламов, клинкера и терриконов шлаков) сосредоточено от 91 до 100% массы токсичных компонентов. Проведенная нами [1-2] оценка запасов компонентов накопленных и сохранившихся в отвальных продуктах (в тыс.т) и в горизонте dpQ_{II-III} составляет: Hg – 791, Tl – 774, Cd – 1839, As – 12575, Se – 729, Pb – 31194, Zn – 169523, Cu – 36425, Fe – 598358, Sb – 2790, Sn

– 2002, Jn – 171,3, Bi – 86, Te – 20, Au – 1. Металлы, находящиеся в высоких концентрациях, выщелачиваются из отвалов твердых отходов и вносят свою лепту в увеличение потока загрязнения подземных вод и вод рек Иртыша и Ульбы, которые находятся в гидравлическом контакте с бассейном подземных вод.

Водоносный горизонт исследуемых подземных вод – аллювиальные четвертичные отложения на палеозойских породах мощностью 35,5 – 42,0 м представлен валунно-гравийно-галечниками с песчаным заполнителем, прослоями серых суглинков. Питание водоносного горизонта происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков (10-20%) и поверхностного стока (80-90 %). Разгрузка подземного стока осуществляется в русле рек Ульбы и Иртыша.

Химический состав вод проводился унифицированными гостированными методами (атомно-абсорбционными, фотометрическими и др.).

Как показали исследования, спектр загрязняющих веществ в подземных водах очень широкий (табл. 1) и обусловлен спецификой промышленных предприятий. Подземные воды являются аккумуляторами растворимой части отходов и технологических компонентов промышленных производств, расположенных в ее пределах. На территории региона выделено 18 очагов загрязнения с различной степенью воздействия на подземные воды.

Для примера приведем характеристику отдельных очагов загрязнения подземных вод. Тяжесть загрязнения от очагов загрязнения подземных вод неодинакова, что отражается как на площади развития ореолов, так и на количестве поступающих в аллювиальный горизонт загрязняющих веществ.

Очаг загрязнения от отвального поля УК МП АО «Казцинк». Очаг располагается на западной окраине промплощадки. Максимальное значение суммарного показателя загрязнения достигало 111,5 ПДК. Основная доля в общей сумме загрязняющих компонентов принадлежала таллию (39-53 %), кадмию (20 %), аммиаку (6-18 %), марганцу (9-13 %). Максимальные значения приведенных концентрации достигали (в порядке убывания): таллия 100 ПДК (0,01 мг/дм³); селена 30 ПДК (0,3); железа 15,3 ПДК (4,59); марганца 14,5 ПДК (1,45); нитритов 12,5 ПДК (41,2); кадмия 10 ПДК (0,01); аммиака 8,5 ПДК (17); мышьяка 5,8 ПДК (0,29); бериллия 4 ПДК (0,0008); лития 3 ПДК (0,09); сухого остатка 2,9 ПДК (2900); сульфатов 2,7 ПДК (1350); ртути 2 ПДК (0,001); нитратов 1,8 ПДК (81); свинца 1,7 ПДК (0,051); хлоридов 1,3 ПДК (455); фтора 1,2 ПДК (1,44). В пределах площади очага загрязнения в водоносном горизонте объем загрязненной воды составляет около 4800 тыс.м³. Кроме того, для очага загрязнения характерно постоянное пополнение загрязнения за счет инфильтрации атмосферных осадков через техногенные отложения отвального поля и загрязненную зону аэрации в количестве 990 м³/сут.

Валовая масса вносимых загрязнителей составила: по таллию 0,010, мышьяку 7,30, кадмию 0,459, свинцу 0,144, селену 0,105, железу 2,84, марганцу 87,9, меди 7,3, цинку 438 т/год, хлоридам 196 т/год и сульфатам 1510 т/год.

Валовый привнос загрязняющих веществ в водоносный горизонт только от УК МП ОАО «Казцинк» и Ульбинский металлургический завод (УМЗ) составил 3444 т/год. Общий привнос загрязняющих веществ от всех промпредприятий правобережья равен 5516 т/год. Ущерб подземным водам в 2010 году в стоимостном выражении оценивается в 310 млн. тенге, в перечень загрязняющих веществ входит большое число токсикантов I и II класса опасности.

Таблица 1

**Результаты химических анализов подземных вод техногенных ландшафтов
Восточного Казахстана, мг/дм³**

Показатели	n	lim	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	σ	Cv,%	ПДК
Окисляемость	73	0,32-544	12,3±7,4	63,3	514,9	
сухой остаток	201	93-37583	1369,8±222,0	3148,1	230,1	1000
pH	200	4,2-8,7	7,6±0,05	0,75	9,8	6-9
NO ₂ ⁻	59	0,01-38	1,54±0,76	5,82	380,8	1
NO ₃ ⁻	188	0,2-3800	69,4±21,59	296,1	427,5	45
CO ₃ ²⁻	16	5-12	9,4±0,79	3,18	33,7	-
HCO ₃ ⁻	103	6-622	235,8±12,6	128,2	54,4	-
Cl ⁻	201	7-27800	252,6±138,3	1960,8	774,6	350
SO ₄ ²⁻	201	8-9400	505,4±79,9	1133,7	224,3	500
Ca ²⁺	174	2,32-7295	168,5±43,2	569,6	337,7	200
Mg ²⁺	103	1-352	44,8±5,1	51,3	112,0	150
Na ⁺ +K ⁺	103	5-869	104,0±13,1	132,5	127,4	-
Fe общ	115	0,05-60	1,6±0,6	6,9	427,3	0,3
NH ₄ ⁺	147	0,05-2200	20,3±15,0	181,9	899,7	2
жесткость общая мг-экв/дм ³	201	0,3-659	14,4±3,3	47,3	329,8	7
As	105	0,01-20	0,2±0,19	1,95	967,5	0,05
F	182	0,18-25	0,94±0,17	2,24	237,8	1,2
Mo	64	0,002-0,3	0,013±0,005	0,039	227,3	0,25

Cu	181	0,001-250	1,71±1,39	18,7	1096,8	1
Pb	181	0,0025-0,53	0,033±0,004	0,049	149,6	0,03
Zn	180	0,002-4238,5	51,7±27,3	366,7	712,2	5
Mn	181	0,01-230	4,3±1,8	23,9	552,8	0,1
Se	177	0,0002-0,4	0,009±0,003	0,034	387,5	0,01
Cd	166	0,001-22,5	0,23±0,14	1,87	824,9	0,001
Tl	170	0,0001-0,02	0,0012±0,0002	0,0024	197,7	0,0001
Be	102	0,00005-0,54	0,006±0,005	0,05	90311	0,0002
V	45	0,01-0,02	0,019±0,0004	0,003	12,9	0,1
Ni	41	0,0035-0,031	0,014±0,0009	0,006	39,9	-
Sr ²⁺	49	0,02-9,7	1,34±0,22	1,51	110,1	-
B	53	0,1-3,0	0,58±0,10	0,74	129,5	0,50
Фенолы	42	0,001-1	0,02±0,02	0,15	627,8	-
Cr ⁺⁶	49	0,006-11,0	0,23±0,22	1,57	686,8	-
Co	39	0,001-0,02	0,009±0,0008	0,005	55,5	-
Li	90	0,0012-7,4	0,21±0,09	0,92	448,7	0,03
Hg	91	0,0001-0,005	0,0004±0,00005	0,0007	201,4	0,0005
Al	42	0,004-1,6	0,09±0,04	0,24	282,4	-
Ti	13	0,0002-0,1185	0,04±0,01	0,05	125,6	-

Очаг загрязнения, сформированный на промплощадке УМЗ, характеризуется высоким содержанием в подземных водах загрязняющих ингредиентов 1 класса опасности: бериллия 2700 единиц приведенной концентрации и таллия 100 единиц; 2 класс опасности представлен фтором 20, литием 10 единиц приведенной концентрации. Из 3 класса опасности присутствуют железо 87, марганец 25, нитраты и аммиак по 6 единиц приведенной концентрации. Сумма приведенных концентраций по органолептическим показателям составляет 117 единиц, по токсикологическим – 2873 единиц, что относит этот очаг загрязнения к чрезвычайно высокой степени загрязнения подземных вод.

Сточные воды УМЗ загрязняют не только подземные воды, но и поверхностные. Так, например, по произведенным нами расчетам с промстоками (2,25 млн.м³) в р.Ульбу поступило 57,4 т сухого вещества, марганца – 0,001, железа общего – 0,003, меди – 0,0047, цинка – 0,051, бериллия – 0,00013 т/год; с условно-чистыми водами (1,9009 млн.м³) 45,1 т сухого вещества, марганца – 0,0009, железа общего – 0,003, меди – 0,00139, цинка – 0,0255 т/год; с дренажными водами (0,0467 млн.м³) – 1,08 т сухого вещества, магния – 0,037, марганца – 0,00003, железа общего – 0,0003, меди – 0,000028, цинка – 0,00112, фтора – 0,0005 т/год.

По результатам проведенных исследований составлены карты загрязнения подземных вод по органолептическим и токсикологическим показателям, оконтурены очаги загрязнения. Разработана система локализации загрязненных подземных вод.

Литература

1. Панин М.С. Эколого-биогеохимическая оценка техногенных ландшафтов Восточного Казахстана. Алматы, 2000. 338 с.
2. Панин М.С. Панина М.И. Качество подземных вод г. Усть-Каменогорска Республики Казахстан //Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов: Тезисы докладов II Международной конференции, г. Тюмень, 15-17 ноября 2011 г. Изд-во Тюменского государственного университета, 2011. С. 195-198.

УДК 631.47

ПОЗДНЕГОЛОЦЕНОВАЯ ДИНАМИКА УГЛЕРОДНОГО РЕЗЕРВУАРА ЧЕРНОЗЕМОВ ЮГА РУССКОЙ РАВНИНЫ

Л.С.Песочина

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН Пушкино,
e-mail: LSPesch@rambler.ru

В геохимических циклах углерода педосфера выполняет ряд важных функций. Она является резервуаром для стока и трансформации атмосферного углерода, аккумулированного при фотосинтезе наземной растительности; генератором и аккумулятором стабильных соединений углерода в форме гумуса и карбонатов; генератором и аккумулятором подвижных соединений углерода в виде газов и прежде всего CO₂, поступающих в атмосферу и включающихся в циклы воздушной миграции, а также водорастворимых органических и минеральных соединений углерода, участвующих в гидрохимическом стоке в местные водоемы, моря и океаны [1].

Почвенный покров представляет собой один из глобальных резервуаров углерода в биосфере и является практически вторым по величине после океана. Запасы углерода в почвах складывались столетиями и тысячелетиями. Ведущую роль в их формировании и направленности основных потоков играла динамика

климатических условий.

Поэтому важной научной задачей является установление масштабов и направленности изменчивости углеродного резервуара почв и основных ее составляющих (гумусовых и карбонатных соединений), обусловленных климатическими флуктуациями.

Уникальными объектами для решения этих задач являются голоценовые педохроноряды, включающие палеопочвы, погребенные под разновозрастными археологическими памятниками и являющимися природными моделями изменчивости ландшафтов как прошлого, так и основой для прогноза поведения систем в будущем. К сожалению, до настоящего времени они слабо привлекаются для оценки глобальных биогеохимических циклов углерода.

Основная цель работы заключалась в исследовании закономерностей динамики запасов углерода черноземов юга Русской равнины, а также отдельных ее составляющих, обусловленных климатическими флуктуациями в позднем голоцене.

Археологические раскопки проводились в Неклиновском и Мясниковском районах Ростовской области. Это - сухостепная зона с черноземами обыкновенными и южными. Черноземы, как известно, характеризуются высокой биологической продуктивностью, значительными резервами кальция и благоприятны для формирования высокого буферного резервуара углерода.

Объектами изучения послужили палеопочвы курганных могильников бронзового (XX-XVII вв. до н.э.) и среднесарматского времени (I в.н.э.), скифского некрополя (IV в. до н.э.) и вала, сооруженного в XVII в. и перекрывшего почвы под культурными слоями VIII и XII вв.н.э. Исследованные почвы развивались в близких литолого-геоморфологических условиях, что позволило объединить их в единый педохроноряд, включивший следующие временные срезы: 4000 (3700), 2400, 2000, 1900, 1200 лет назад и современность.

Проведенные исследования выявили следующие закономерности динамики углеродного резервуара черноземов в позднем голоцене. На протяжении исторического времени общие запасы углерода (Сорг+Скарб.) в двухметровой толще (рис.1) оставались стабильными и составляли 47-48 кг С/м². При этом 30-40% запасов было представлено углеродом гумуса, 60-70% - карбонатным углеродом. Климатические колебания существенно влияли на их соотношения. В аридные эпохи количество С карб. достигало 34 кг/м², в гумидные - не превышало 28 кг/м². При этом запасы карбонатного углерода в 3 раза превышали запасы органического в аридные эпохи, в гумидные - в 1.5 раза. Эмиссия СО₂ из карбонатного пула могла составлять 6 кгС/м².

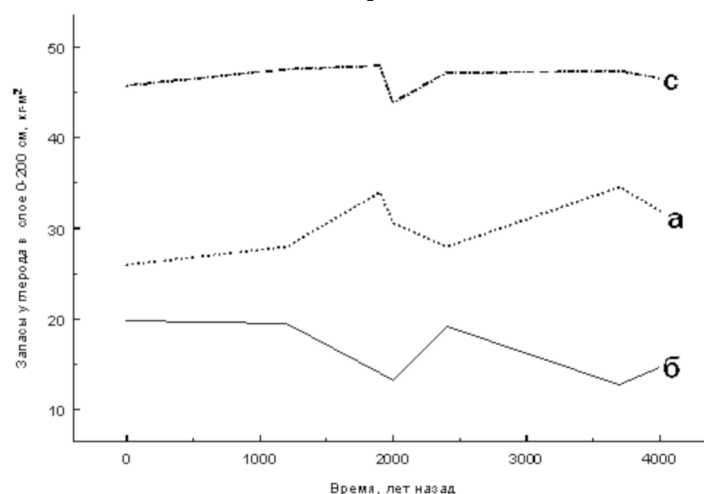


Рис.1. Динамика запасов углерода (гумуса и карбонатов) в слое 0-200 см за последние 40 веков: а - запасы углерода карбонатов; б - запасы углерода гумуса; с - общий запас педогенного углерода

Максимальные запасы органического углерода, составляющие 19 кг/м² формировались в гумидные эпохи, в то время как аридизация климата обуславливала их сокращение до 12 – 14 кг/м². При этом масштаб возможной эмиссии диоксида углерода из гумусового пула не превышал 5 – 7 кгС/м².

Установлена тенденция обратной зависимости в накоплении различных форм углерода: уменьшение запасов углерода гумуса, отмеченное в XVII в до н.э. и на рубеже эр, сопровождалось увеличением запасов карбонатного углерода. В IV в. до н.э. накопление углерода гумуса происходило на фоне снижения аккумуляции его карбонатных форм.

Анализ распределения запасов углерода по глубинам 2-х метровой почвенной толщи с интервалом 50 см выявил наибольшую динамичность углеродного резервуара верхнего метрового слоя.

Изменчивость в верхнем полуметре определялась накоплением углерода гумуса, и характеризовалась цикличностью. В этой толще сосредоточено от четверти до трети запасов педогенного углерода, что составляет 12-18 кг/м², при этом запасы углерода гумуса в 2-4 раза превышают запасы карбонатного углерода и представляют 55-80%. Тренд динамики углеродного резервуара нижней полуметровой толщи определялся аккумуляцией карбонатного углерода и также характеризовался цикличностью. В то же время шел поступательный процесс депонирования органического углерода, составивший более 3 кг С/м² за последние 4000 лет.

Емкость углеродного резервуара варьировала от 10 до 15 кгС/м² и составляла от 20 до 30% от его общей величины в 2-х метровой толще. При этом доля запасов углерода гумуса колебалась от 20 до 50 %, карбонатного

углерода -50-80% его общего запаса в почвенном профиле. Для некоторых хроносрезов определены скорости трансформации запасов педогенного углерода. В XX-XVII вв до н.э. сокращение запасов углерода в верхнем полуметре составило 0.4 кг/м² за 100 лет, в I в. до н.э. – I в.н.э. скорость аккумуляции его запасов в этой же толще достигала 1 кг/м² за 100 лет. В нижнем полуметре (50-100 см) скорость накопления карбонатного углерода в эти же временные срезы варьировала от 0.5 кг/м² за 100 лет до 2.3 кг/м² за 100 лет, соответственно.

В верхней метровой толще (0-100 см) было сосредоточено около половины запасов педогенного углерода. Его количество варьировало в пределах 23-27 кг/м², при этом запасы углерода гумуса составляли 50-60%, углерода карбонатов – 40-50%.

В полутораметровой толще размещено 75-80% педогенного углерода, что составляло 35-39 кг С/м². В его составе 35-50% углерода гумуса и 50-65%-углерода карбонатов.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что позднеголоценовые климатические изменения не оказывали существенного влияния на общую емкость углеродного резервуара черноземов юга Русской равнины, компоненты которого находились в состоянии динамического равновесия, в то же время являлись триггерным механизмом процессов эмиссии-стока диоксида углерода отдельных ее составляющих (Сорг и Сса).

При этом амплитуда варьирования величин депонирования органического углерода, обусловленная динамикой увлажнения климата, составляла 12-19 кг/м²; карбонатного -28-34 кг/м². Мобильная составляющая углеродного резервуара не превышала 1/3 и характеризовала масштабы вероятной эмиссии-стока диоксида углерода.

Скорости трансформации запасов углерода изменялись в пределах от +0.4 до 2.3 кг С/м² за 100 лет.

Литература

1. Глазовская М.А. Роль и функция педосферы в геохимических циклах углерода. Почвоведение. 1996. №2. С.174-186

УДК 631.4:550.42(470.323)

МЕТАЛЛЫ И AS В СОВРЕМЕННЫХ ПОЙМЕННЫХ НАНОСАХ В ДОЛИНЕ Р. ЧЕРНЬ (КУРСКАЯ ОБЛАСТЬ)

М.М. Петрик, Е.Н. Асеева

МГУ им. М.В.Ломоносова, e-mail: petrik.maria@yandex.ru; asejeva@mail.ru

Детальные исследования, проведенные в агролесостепных и степных ландшафтах Среднерусской возвышенности по изучению эрозии, показали, что областям многовековой земледельческой культуры свойственна ускоренная агрогенная эрозия почв и, соответственно, высокие темпы аккумуляции наносов в днищах долин и балок. Вместе с наносами сюда перемещаются огромные массы химических элементов, часть из которых имеет техногенное происхождение [1]. Определение возраста наносов и их химических особенностей позволяет оценить динамику накопления различных элементов и связать ее с историей развития территории. Целью исследования явилось изучение вариаций в содержаниях валовых и подвижных форм тяжелых металлов и As за последние 50 лет в пойменных наносах в одном из бассейнов центра Русской равнины. В качестве объекта анализа была выбрана верхняя часть бассейна реки Чернь, площадью 126 км² на границе Курской и Орловской областей с плотиной водохранилища в качестве замыкающего створа. Территория бассейна подверглась радиоактивному загрязнению от взрыва на Чернобыльской АЭС в 1986, что позволило в качестве маркера времени образования наносов использовать радиоактивный изотоп ¹³⁷Cs [2]. Благодаря высокому плодородию почв – черноземов и серых лесных – данная территория длительное время интенсивно распаивалась, что привело к ускоренным темпам эрозии почв и накоплению достаточно мощного слоя аллювиальных наносов в долине реки [2]. Максимальное освоение данной территории относится ко второй половине XX века. В это время около 80% площади бассейна было занято пашней. Одновременно (в начале 60-х годов прошлого столетия) на территории, прилегающей к бассейну, началась добыча железной руды в одном из крупнейших карьеров КМА – Михайловском и ее переработка на одноименном горно-обогатительном комбинате.

Разрезы аллювиальных почв в днище долины закладывались на удалении нескольких километров друг от друга в верхнем, среднем и нижнем створах реки. Было заложено 5 разрезов. Разрез верхнего участка речной долины находится на максимальном расстоянии от предприятий горнорудного комплекса – 7-11 км, нижнего участка – в радиусе 3-7 км.

Все разрезы располагались на типичных участках основной части поймы с высотами 1,5-2,0 м над межбассейновым урезом воды, вне понижений рельефа. В этих условиях сформировались аллювиальные дерновые карбонатные почвы. Послойные пробы отбирались с шагом 2 см на всю глубину гумусового горизонта (60см).

В пробах были определены валовые содержания Fe, Mn, V, Cr, Ni, Cu, Co, Zn, Pb, Cd, As, также подвижные формы Fe, Mn, Cu, Co, Zn, Pb, Cd и As. Был определен гранулометрический состав, рН и содержание Сорг. Валовое содержание металлов и As в пойменных почвах определялось масс-спектральным методом с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) в Аналитическом сертификационном испытательном центре Всероссийского научно-исследовательского института минерального сырья имени Н.М. Федоровского и методом рентген-флюоресцентной спектроскопии (XFS) в химической лаборатории г. Белгорода на приборе Спектроскан-Макс. В лаборатории кафедры геохимии ландшафтов и географии почв географического ф-та МГУ изучались потенциально подвижные формы металлов и As в вытяжке 1н HCl (1:10). Подготовка проб

и анализ содержания изотопа ^{137}Cs проводился на гамма-спектрометре в НИ Лаборатории эрозии почв и русловых процессов географического факультета МГУ [2].

Определение в послойных пробах содержания изотопа ^{137}Cs позволило получить эпюры его вертикального распределения. В большинстве случаев, отчетливо выделяются максимумы содержания ^{137}Cs , соответствующие пиковым выпадениям в 1964 и 1986 гг. и частично в 1958 г [2]. В 60-см толще было выделено 4 периода накопления наносов: современный (1986-2008гг), аграрно-индустриальный (1964-1986гг), ранний индустриальный (1958-1964гг) и аграрный (до 1958г).

Изучение вертикального распределения элементов в опорных разрезах проводилось с учетом времени накопления наносов. Результаты анализа показали, в верхнем и среднем створах долины, наиболее удаленных от источников аэрогенного воздействия, валовое содержание многих металлов (Fe, Ni, Cr, V, Co, Cu, Pb) в верхней 60-см толще почв варьирует слабо, за исключением Cd и Zn, накапливающихся ($K_a=1,3$) в осадках современного периода (1986-2008 гг).

Более четко выражена дифференциация вертикального профиля гумусовой толщи по валовому содержанию As. Наиболее значимые отличия в содержании валового As между наносами разного возраста (достигающие 80%) наблюдаются в верховьях. Максимум накопления элемента отмечается в наносах ранних периодов – аграрного и раннего индустриального.

Подвижные формы большинства элементов (Zn, Cu, Co, As, Fe, Pb и Cd) извлекаемые солянокислой вытяжкой, в пойменных отложениях верхнего и среднего участков долины распределены значительно контрастнее, чем их валовые концентрации, что связано с более активным участием подвижных соединений металлов в почвенно-геохимических процессах. Максимумы содержаний подвижных форм Cu, Co, Mn, участвующих в процессах биологического круговорота, приурочены к верхним дерновым горизонтам почв. Аналогичное распределение имеют кислоторастворимые формы Pb и Cd. Подвижные соединения As в отличие от рассмотренных металлов накапливаются в наносах аграрного периода (до 1958 года).

В нижнем течении реки неконтрастный характер распределения в вертикальном профиле почв сохраняется только для валового Pb. У сидерофильных и халькофильных элементов – Fe, Co, Ni, Cr, V; Cu, Pb, Cd и As – отмечается повышение концентраций в нижних горизонтах, что может указывать на заметную роль техногенной пылевой составляющей в наносах раннего индустриального периода (конца 50-х начала 60-х годов) в связи с проведением буровзрывных работ, увеличением пылевых выбросов и максимальным распространением техногенных аэральных потоков рассеяния на территории бассейна в период начального освоения Михайловского месторождения железных руд. У халькофильной группы – Pb, Cu и Cd – обнаруживается второй, чаще всего более выраженный максимум содержания подвижных форм в толще наносов конца 50-х начала 60-х годов. Подвижные Co и Mn, слабо проявляющие халькофильные свойства, сохраняют поверхностно-аккумулятивный тип распределения, а Fe концентрируется в нижней части профиля, возможно, из-за влияния оглеения.

Корреляционный анализ показал наличие значимых положительных связей между содержанием гумуса и концентрациями некоторых металлов, экстрагируемых 1н HCl, а именно – Mn (коэффициент корреляции, $r=0,8$), Pb ($r=0,7$), Cd ($r=0,6$), что подтверждает важную роль органического вещества в накоплении подвижных форм некоторых металлов [3]. Для их валовых количеств, а также для As такие связи не выявлены. Содержание подвижного и валового As во всех разрезах линейно зависит от содержания крупнопылевой фракции ($r=0,5-0,7$). Средняя и мелкая пыль оказывает влияние на валовое содержание Cd, Co, Mn, Pb, Cu, а илстая фракция – на концентрации Co, Pb, Cu ($r=0,7-0,6$)

Таким образом, геохимический анализ верхней гумусовой толщи пойменных почв в долине реки Чернь показал, что контрастность и характер накопления в ней большинства металлов, в том числе и их подвижных форм, может контролироваться временем образования наноса и зависит от положения разреза в речной долине. В почвах нижнего створа реки с максимальным техногенным влиянием, накопление сидерофильных и халькофильных элементов приходится на начало 60-х годов. В наносах этого периода времени сосредоточены и основные запасы подвижных форм халькофильных элементов. На других участках, с ослабленным техногенным воздействием, колебания валового содержания металлов за 50-летний отрезок времени незначительны, за исключением As, максимум накопления которого (в том числе и подвижных форм) приходится на период наибольшей распашки и интенсивной химизации сельского хозяйства (конец 50-х – начало 60х годов прошлого века). Подвижные формы элементов в почвах верхнего и среднего участков долины распределяются более контрастно, чем их валовые количества, что связано с участием элементов в почвенно-геохимических процессах. О большой роли биологического фактора в концентрации Mn, Pb, Cu, Co, Cd на этих отрезках речной долины с низким уровнем загрязнения косвенно свидетельствует поверхностно-аккумулятивный тип распределения и линейная зависимость от содержания гумуса. При усилении загрязнения структура баланса форм металлов, особенно, халькофильной группы, по-видимому, изменяется.

Литература

1. Глазовская М.А. Педолитогенез и континентальные циклы углерода. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ». 2009. 336 с.
2. Голосов В.Н., Маркелов М.В., Беляев В.Р. Современные тенденции перераспределения наносов на водосборах центра Русской равнины // Эрозия почв и русловые процессы. Труды научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. М.И.Маккавеева. Вып.17. М. Географический факультет МГУ. 2010. С. 46-61
3. Ладонин Д. В., Пляскина О. В. Изменение фракционного состава меди, цинка, кадмия и свинца в некоторых типах почв при полиэлементном загрязнении // Почвоведение, 2003, № 5. С. 568-576.

УДК 631.4

**МИГРАЦИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ РАЙОНА СТРОИТЕЛЬСТВА ТРЕТЬЕЙ
ОЧЕРЕДИ АЭРОПОРТА «ШЕРЕМЕТЬЕВО»**

А.А. Петров

МГПУ, Москва, anton_@bk.ru

Территория предполагаемого строительства третьей очереди аэропорта Шереметьево расположена к северо-западу от Москвы на территории Солнечногорского района Московской области. Площадь зарезервированной территории – 368 га. Территория расположена на плоском водоразделе [1]. Фоновые почвы - дерново-слабо и среднеподзолистые, сформированные на тяжелых моренных суглинках. Локально встречаются аллювиальные и болотные почвы. На территории была проведена крупномасштабная почвенная съемка и почвенно-экологическая оценка загрязнения почв тяжелыми металлами на примере ландшафтов с различной антропогенной нагрузкой. Образцы почв до глубины 40 см были проанализированы рентгенфлуоресцентным методом на содержание валовых форм тяжелых металлов и мышьяка. На базе полученных данных составлены графические модели (картосхемы, графики, диаграммы) распределения металлов в различных типах почв и элементах рельефа. Полученные результаты горизонтальной и вертикальной (внутрипрофильной) миграции никеля, цинка и мышьяка в целом не противоречат данным, приведённым в литературных источниках для аналогичных дерново-подзолистых почв Московской области. Содержание никеля в поверхностном слое почв не превышает ОДК [2]. Максимальное содержание никеля обнаружено в районе бывшей залежи, примыкающей к Шереметьевскому шоссе (Рис.1).

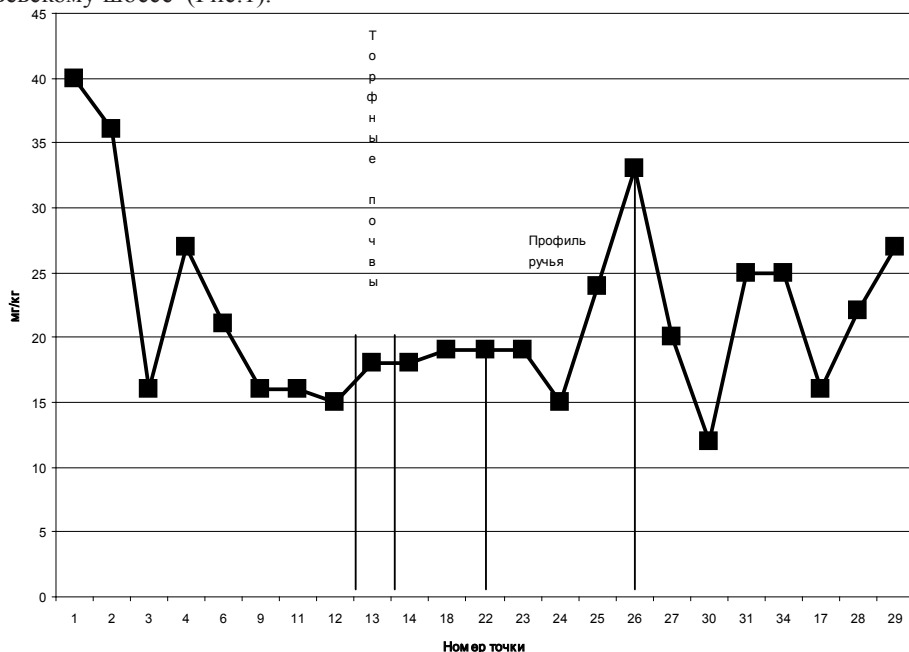
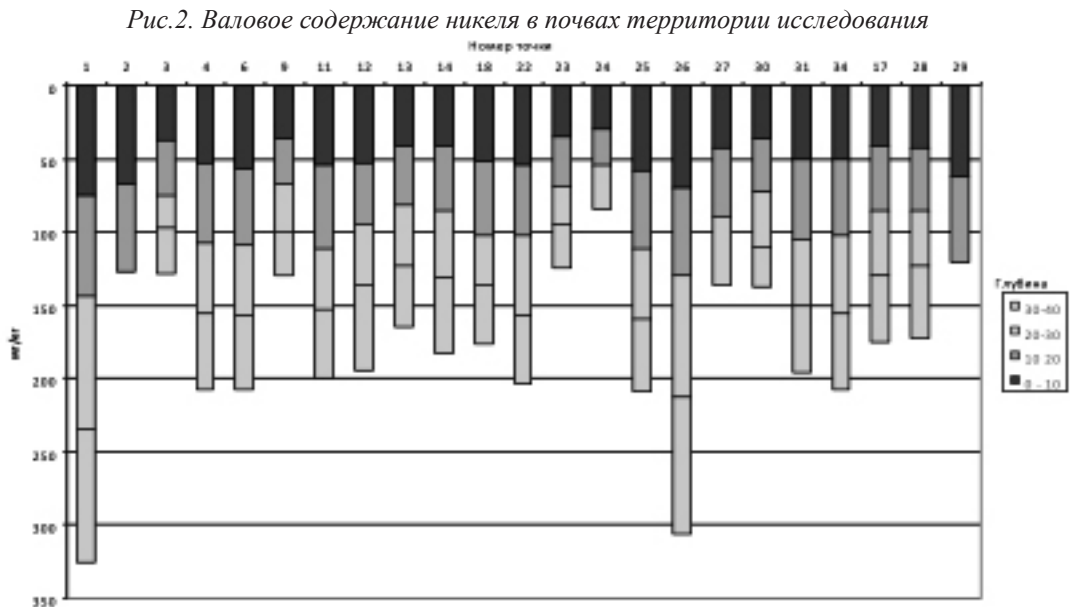
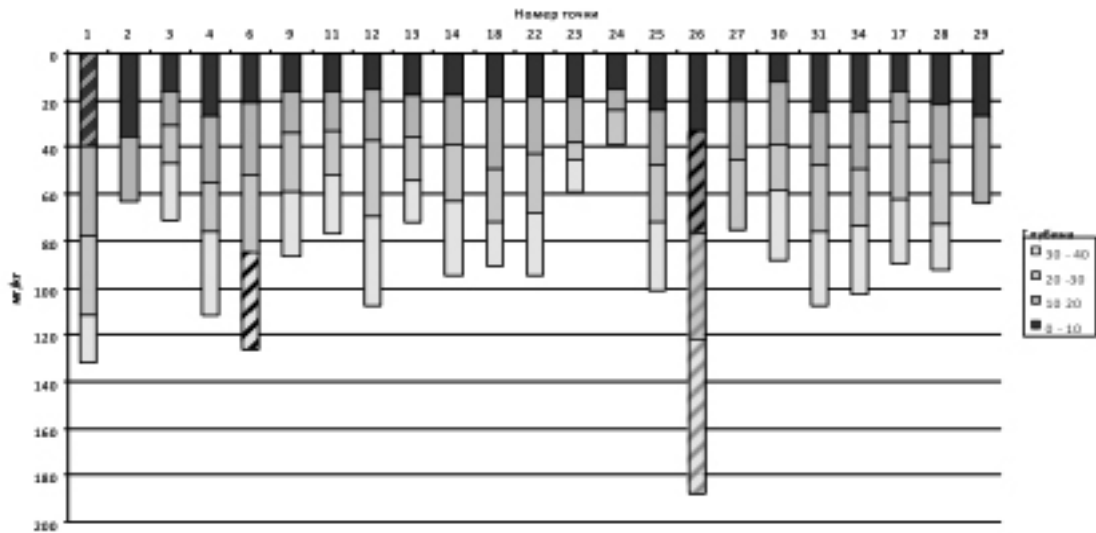


Рис.1. Содержание никеля в поверхностном горизонте дерново-слабоподзолистых почв

Максимумы содержания никеля на исследуемой территории приурочены в основном к почвам, расположенным вблизи шоссе и коридоров взлёта-посадки самолётов. Максимальное содержание никеля наблюдается также в почвах на левом берегу высохшего русла ручья, где отмечена глубокая внутрипрофильная миграция никеля (Рис.2). Наиболее вероятно это связано с особенностью мезорельефа территории, поверхностным стоком с расположенных выше территорий и гранулометрическим составом отложений.

Выявлена зависимость содержания цинка в почвах, связанная с удалённостью от транспортных потоков автомобильного и авиационного транспорта (Рис.3). Максимумы содержания цинка в почвах на территории приурочены к постагрозной дерново-подзолистой почве (современная залежь) и почвам, расположенным в зоне влияния выбросов авиатранспорта. Здесь же наблюдается глубокая внутрипрофильная миграция цинка, связанная с процессами выщелачивания и лессиважа.

Аномалии содержания мышьяка были выявлены в почвах семи точек опробования (Рис.4). Они приурочены к почвам, испытывающим максимальное техногенное воздействие, обусловленное свалками ТБО, расположенными около с. Паршино, а также вблизи Шереметьевского шоссе (точки 9 и 29). Из анализа данных по содержанию и внутрипрофильной миграции мышьяка в почвах территории обследования можно также сделать вывод о связи загрязнения с внесёнными ранее удобрениями, содержащими мышьяк. Содержание мышьяка в почве определяет его содержание в природных водах [3]. Этим можно объяснить наличие мышьяка в горизонте А1 аллювиальной почвы (точка 3), расположенной в пойме р. Клязьмы и в поверхностном глеевом горизонте глеезёма (точка 24), расположенной на дне пересохшего ручья.



Таким образом, на фоне в целом слабо загрязненной территории третьей очереди строительства аэропорта «Шереметьево» установлена зависимость аккумуляции проанализированных тяжелых металлов и мышьяка, связанная с гранулометрическим составом, мезорельефом, свалками ТБО и автотрассами.

Литература

1. Жучкова В.К. Ландшафты Московской области и их современное состояние, Смоленск: СГУ, 1997
2. ГН 2.1.7.2511-09
3. Аптикаев Р.С.. Соединения мышьяка в почвах природных и антропогенных ландшафтов: Дис. ... канд. биол. наук: 03.00.27; Москва, 2005 - 194 с.

УДК 911.2:550.4

ПРОГНОЗНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИЙ ПО ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИМ РИСКАМ ПРИ ДОБЫЧЕ И ТРАНСПОРТИРОВКЕ НЕФТИ (К 30-ЛЕТИЮ ПИОНЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ М.А. ГЛАЗОВСКОЙ)

Ю.И. Пиковский

МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва. e-mail: lumngu@mail.ru

В 1979-1982 гг. М.А. Глазовская разработала систему прогнозного ландшафтно-геохимического районирования территории бывшего СССР по типам изменения природной среды при добыче и транспортировке нефти [1]. В основе районирования лежит выделение и типология прогнозных ландшафтно-геохимических областей и районов, различающихся уровнем устойчивости и характером изменений ландшафтов, происходящих при строительстве промыслов, добыче и транспортировке нефти. По существу, эта работа была первой пространственно-географической систематизацией мест вероятного наступления неблагоприятных последствий для природной среды, вызванных хозяйственной деятельностью, то есть того, что сейчас называют экологическим риском. Аналогов исследований, охватывающих такие крупные территории, в мире тогда не было

Работы по экологическим рискам отдельных производств и территорий в настоящее время популярны во всем мире. В этом направлении они пошли, в основном, по пути использования сложных математических моделей и расчетов вероятности наступления неблагоприятных событий, вызываемых целым комплексом природных и техногенных факторов. Итоговый результат таких расчетов, возможно, полезен при оценке общего экономического ущерба для производства и окружающей среды или для определения суммы страховых платежей, но малопригоден для управления рисками, то есть понимания того, как снизить этот риск и защитить окружающую среду в каждом конкретном районе.

Методология М.А. Глазовской нацелена на прогнозный характер районирования, то есть на оценку опасности возможных негативных последствий для окружающей среды, вызванных конкретными природными и техногенными факторами. Перед такой работой не ставилась задача рассчитать вероятность неблагоприятного события на основе статистического анализа событий на сходных объектах, что практикуется в настоящее время. Состояние среды в одном районе постоянно меняется во времени. Кроме того, на перспективных территориях могут появляться новые районы добычи нефти, для которых полных аналогий с событиями, происходившими в других местах и ответными реакциями среды на них, найти трудно. Поэтому прогноз негативного изменения природной среды опирался, в первую очередь, на фундаментальные теоретические положения о ландшафтно-геохимических процессах в различных природных зонах и о факторах воздействия техногенеза на эти процессы [2].

За 30 лет, прошедших после создания М.А. Глазовской методологии прогнозного ландшафтно-геохимического районирования по опасности изменения природной среды, то есть, по геоэкологическим рискам, основные ее положения не устарели и не потеряли своей актуальности. Они целиком были использованы в обновленной карте прогнозного ландшафтно-геохимического районирования территории России по типам изменения природной среды при добыче и транспортировке нефти [3]. За прошедшее время содержание районирования существенно углубилось в связи с изучением таких факторов, как устойчивость почв к углеводородному загрязнению [4], активизации морфоструктурных узлов [5], формированию состава нефти и ее геохимических спутников на месторождениях и других.

Чтобы избежать путаницы в терминологии, целесообразно разделить понятия «экологический» и «геоэкологический» риск. Экологический риск – это риск для человека и других биологических объектов. Геоэкологический риск – это риск негативных последствий для окружающей среды, для ландшафта. В этом случае оценивается опасность изменения компонентов среды – почв, вод, атмосферы, а также наиболее локализованного в пространстве биотического компонента ландшафта – растительности. Обе разновидности риска взаимосвязаны: геоэкологический риск должен учитываться как важный фактор экологического риска.

Таким образом, прогнозные ландшафтно-геохимическое районирование территорий по типам изменения природной среды каким-либо видом хозяйственной деятельности можно считать прогнозированием по геоэкологическим рискам при данном типе техногенеза. С этих позиций рассмотрим основные принципы прогнозного районирования территорий по геоэкологическим рискам при добыче и транспортировке нефти, заложенные М.А. Глазовской.

Территориальные единицы районирования. Исходной территориальной единицей районирования стал прогнозный ландшафтно-геохимический район, который у М.А. Глазовской получил название «технобиогеом» - исходный физико-географический объект ландшафтно-геохимического прогноза [2]. При выделении районов учитываются: единообразие на всем протяжении района условий трансформации, рассеяния и аккумуляции нефти и минерализованных пластовых вод; тип возможных изменений природной среды при данном техногенном воздействии; преобладающий состав нефти и промысловых вод на данном конкретном участке. Границы районов проводятся, в основном, по границам водосборных бассейнов, порядок

которых определяется в зависимости от масштаба районирования и размеров территории. Для крупных территориальных единиц сходные по сочетанию форм изменений природной среды прогнозные районы объединяются в типологические группы и типы. Группы районов различаются по усилению или ослаблению тех или иных природных процессов, по положению геохимических барьеров, по скорости самоочищения и восстановления ландшафтов. Группы районов объединены в типы по их ландшафтным особенностям и свойственным каждому типу формам изменения природной среды и устойчивости этих изменений. Относя район к тому или иному типу, можно показать, какие виды изменения среды на его территории наиболее опасны. Всего на территории бывшего СССР было выделено 124 района, объединенные в 29 типов и 4 группы. На территории России присутствуют 23 типа районов [3].

Заключенный в типах и подтипах прогнозных районов набор факторов изменения среды определяет степень экологического риска той или иной хозяйственной деятельности на данной территории.

Факторы геоэкологического риска. Можно выделить три группы факторов геоэкологического риска, которые необходимо учитывать в каждом прогнозном районе.

К первой группе относится характер производственной деятельности, влияющий на усиление негативных природных процессов, создающий опасность резкого ухудшения природной среды. Так механические нарушения почвенного покрова и растительности при строительстве приводят к усилению процессов криогенеза, эрозии, дефляции и т.д.

Вторая группа факторов связана с последствиями загрязнения почв, геологической среды, поверхностных и подземных вод нефтью, нефтепродуктами, промышленными сточными водами, химическими реагентами, применяющимися при бурении и эксплуатации месторождения. Эти последствия выражаются в изменении физических и химических свойств или полной деградации почв, уничтожении растительности, изменении состава поверхностных и подземных вод, осушении или заболачивании территорий и в других негативных явлениях. При этом, например, разный состав нефти и нефтепродуктов и их геохимических спутников приводят к разным последствиям. Легкие нефти быстрее испаряются и деградируют, в то время, как тяжелые надолго остаются в почвах, вызывая необратимые изменения во всей экосистеме.

К третьей группе факторов геоэкологического риска относятся природные факторы состояния среды и ее геодинамики, которые определяют разную степень устойчивости среды к воздействию производства или активно влияют на хозяйственную деятельность, в частности на процесс добычи и транспортировки нефти. Например, сейсмичность территории, активизация в ее пределах морфоструктурных узлов часто приводят к аварии на буровых установках, нефтепроводах, к разрушению зданий и сооружений [5]. К этой группе относятся карстовые процессы, частота аномальных метеорологических явлений (смерчи, ураганы и т.п.). Опасные природные явления, как правило, увеличивают опасность техногенных факторов риска.

Управление геоэкологическим риском. Зная все факторы геоэкологического риска в прогнозном районе, можно «управлять» ими, то есть сводить к минимуму их негативные последствия при ведении хозяйственной деятельности. Этому должны служить адекватные оценки воздействия проектируемых работ на окружающую среду, включающие карты устойчивости почв и других компонентов среды к техногенному воздействию, экологическая экспертиза проектов, рациональное размещение производственных объектов.

Литература

1. Глазовская М.А., Пиковский Ю.И., Коронцевич Т.И. Комплексное районирование территории СССР по типам возможных изменений природной среды при нефтедобыче. – В кн.: Ландшафтно-геохимическое районирование и охрана среды. Вопросы географии. Вып. 120. М.: «Мысль», 1983. С. 84-108.
2. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: «Высшая школа». 1988. 328 с.
3. Глазовская М.А., Пиковский Ю.И. Прогнозное ландшафтно-геохимическое районирование по типам изменения природной среды при добыче и транспортировке нефти //Национальный атлас почв Российской Федерации /под ред. С.А. Шобы. М.: Астрель-АСТ, 2011. С. 272-275.
4. Геннадиев А.Н., Пиковский Ю.И. Карты устойчивости почв к загрязнению нефтепродуктами и полициклическими ароматическими углеводородами: методы и опыт составления // Почвоведение, 2007. № 1. С. 80-92.
5. Ранцман Е.Я., Гласко М.П. Морфоструктурные узлы – места экстремальных природных явлений. М.: Медиа-Пресс. 2004. 224 с.

УДК 550.849

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ПОИСКОВОЙ ГЕОХИМИИ

Т.М. Побережная

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, e-mail: ptm@imgg.ru

Оценка геохимических аномалий является ответственным и важным этапом поисков месторождений полезных ископаемых. Особенно трудно этот вопрос решается в рудных районах, где вторичные ореолы образуются в сложных ландшафтно-геохимических условиях, как, например, в Забайкалье. Здесь, в пределах вулканотектонических впадин, выполненных мощной толщей осадочно-вулканогенных пород, поиски месторождений традиционными методами сложны и дороги, т.к. требуют больших объемов бурения. К факторам,

осложняющим поиски, относится распространение многолетнемерзлых пород. Недостаточная эффективность литохимических поисков, в частности, открытие большого количества безрудных аномалий, часто объясняется отсутствием обоснованных представлений о гипергенной миграции химических элементов. Для улучшения результативности поисково-оценочных работ, необходимо выявлять особенности распределения рудных элементов в геохимических ландшафтах, изучать особенности их миграции и концентрации на геохимических барьерах [1]. На этой основе возможно повышение эффективности поисков, в том числе оценки геохимических аномалий.

В Забайкалье целью исследований было изучение геохимии урана и сопутствующих ему химических элементов в мерзлотных ландшафтах на участках урановых месторождений, а также разработка методов оценки вторичных ореолов, позволяющих отличать рудные аномалии от «ложных» аномалий, связанных с ландшафтными условиями и особенностями вмещающих горных пород. На примере хорошо изученных урановых месторождений Забайкалья показано, что в почвах с условиями, в которых элементы мигрируют, происходит ослабление их первичных и остаточных вторичных ореолов. В зонах кислого выщелачивания почв, например, происходит ослабление ореолов урана и молибдена. Такие почвы в целом характеризуются низкими фоновыми и слабоконтрастными аномальными содержаниями этих элементов. В почвах с глеевыми условиями, напротив, высокие фоновые и аномальные содержания урана и молибдена. Так, на месторождении, расположенном в степной зоне Забайкалья, в луговых почвах с условиями слабокислого выщелачивания фоновое содержание урана – $0,9 \times 10^{-3}\%$, молибдена – $0,19 \times 10^{-3}\%$, а в этом же типе почв со слабокислой глеевой обстановкой фоновые содержания этих элементов составляют $1,4 \times 10^{-3}\%$ и $0,33 \times 10^{-3}\%$ соответственно. Содержание цинка, более подвижного в глеевых условиях, в почвах с глеевой обстановкой – $18 \times 10^{-3}\%$, а в почвах с окислительной обстановкой – $25 \times 10^{-3}\%$.

Следовательно, при традиционной литохимической съемке возможен пропуск аномалий рудного генезиса, ослабленных в почвах с обстановкой, благоприятной для миграции рудных элементов. С другой стороны, при недифференцированном подходе неизбежно открытие большого числа безрудных аномалий урана и его элементов-спутников в почвенных горизонтах с условиями их ограниченной подвижности. Содержания элементов – фоновые в одних кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных почвенных условиях, являются аномальными в других.

Совместное нахождение аномалий урана и молибдена часто считается положительным поисковым признаком. Но такое явление, как показывают проведенные исследования, может быть обусловлено только ландшафтными условиями. Эти элементы одинаково мигрируют во всех изученных физико-химических обстановках почв. Напротив, пространственное разобщение аномалий урана и таких элементов, как свинец, цинк, мышьяк не всегда следует оценивать отрицательно. Как положительный поисковый признак можно рассматривать совмещение аномалий урана, молибдена, свинца, цинка и других элементов в почвах, где эти элементы мигрируют по-разному, например, в почвах с карбонатными и глеевыми условиями.

Для рудных полей с глубоким и слабопроявленным на поверхности оруденением были составлены карты ландшафтно-геохимической оценки аномалий. На них нанесены ореолы и точечные аномалии урана и элементов-спутников, выделенные традиционными методами обработки литохимических данных [2] и с использованием дифференцированного ландшафтно-геохимического фона. Аномальные содержания рассчитывались двумя способами: на основе единого (усредненного) геохимического фона, как это принято в практике поисковых работ, и на основе дифференцированного ландшафтно-геохимического фона. Результаты различной обработки одних и тех же аналитических данных показали:

1. При использовании усредненного геохимического фона в гумусовом горизонте аномалии урана располагаются вполне закономерно: 50% аномалий находятся в долинах рек и ручьев, где существуют условия глеевого геохимического барьера, 38% совпадают с проекциями рудных тел, и остальные аномалии урана расположены в почвах на гранитном обрамлении месторождения. Большинство литохимических аномалий урана в горизонте В находятся в почвах на высокофоновых гранитах, вне связи с урановым оруденением, сосредоточенном в терригенных породах вулканогенно-осадочной свиты, на которой распространены низкофоновые почвы. Лишь 28% аномалий совпадают с положением оруденения на глубине. Основная масса аномалий элементов-спутников установлена в почвах на гранитах обрамления.

2. При использовании дифференцированного ландшафтно-геохимического фона все выявленные в горизонте А геохимические аномалии урана пространственно совпадают либо с проекциями рудных тел, либо с первичными ореолами рассеяния. В почвенном горизонте В совпадение составляет 87%, а остальные аномалии трассируют рудоносный разлом в гранитном обрамлении. Выявленные с учетом ландшафтно-геохимических критериев аномалии элементов-спутников (Mo, Cu, Zn, Pb) также сосредоточены над проекциями рудных тел, эндогенными ореолами, рудоносными разломами.

В результате проведенных исследований установлено, что фоновые и аномальные содержания урана и его спутников в почвах мерзлотных ландшафтов сильно дифференцированы. Они зависят от типа почв, физико-химической обстановки в них, рельефа, состава материнской породы и варьируют в широких пределах. На примере нескольких месторождений, расположенных в криогенных степных, лесостепных и горно-таежных ландшафтах, показано, что при поисках по вторичным ореолам необходимо выделять геохимические аномалии на основе дифференцированного ландшафтно-геохимического фона. Это позволит сократить число безрудных аномалий, открываемых в почвах с высоким геохимическим фоном, и обнаружить ослабленные ореолы в низкофоновых почвах.

Результаты изучения распределения нефтяных углеводородов (НУВ) в геохимических ландшафтах Сахалина показали возможности использования ландшафтно-геохимических методов при поисках нефтегазовых месторождений [3].

Литература

1. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрель-2000, 1999. 768 с.
2. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. М.: Недра, 1983. 192 с.
3. Побережная Т.М. Геохимия природных и техногенных ландшафтов Сахалина и Южных Курильских островов. Владивосток: Дальнаука, 2010. 125 с.

УДК 577.1: 577.48

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ДЛЯ
ОБОСНОВАНИЯ ДОПУСТИМЫХ НАГРУЗОК АТМОСФЕРНЫХ ПОЛЛЮТАНТОВ И АНАЛИЗА
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ**

И.В. Припутина

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пушкино, e-mail: v_35_6@rambler.ru

К сфере разнообразных научных интересов профессора Марии Альфредовны Глазовской, как известно, относятся и вопросы влияния хозяйственной деятельности человека на эколого-геохимическое состояние окружающей среды. Именно в работах М.А.Глазовской сформулированы базовые теоретические положения этого направления исследований, в частности, о включении техногенных поллютантов в природные потоки миграции вещества и их химической трансформации в зависимости от конкретных ландшафтно-геохимических условий [1]. Ею же разработаны принципы оценки устойчивости почв и природных систем к воздействию техногенных соединений различной направленности действия [2-4] и предложены индикаторные показатели нормального функционирования ландшафтов, необходимые для анализа и прогноза последствий их антропогенных нарушений [1, 5].

Все эти научно-методические разработки востребованы современной геоэкологией для решения практических задач, например, при анализе экологических рисков, связанных с техногенным загрязнением окружающей среды и превышением экологически допустимых нагрузок поллютантов. Естественно, что при выполнении подобных исследований в настоящее время активно используются современные ГИС-технологии и математические методы, расширяющие сферу приложения теоретических знаний геохимии ландшафтов. Примером могут служить разномасштабные исследования, выполненные нами для ряда регионов страны, в которых проводились количественные оценки допустимых воздействий атмосферных поллютантов (а именно, оксидов азота – NO_x) на природно-территориальные комплексы различного иерархического уровня [6].

Как известно, с 70-80-х годов прошлого столетия эти соединения, обладающие биогеохимической и педогеохимической активностью в окружающей среде, являясь типичными атмосферными поллютантами многих промышленно-урбанизированных территорий. Первоначально, приоритетной считалась проблема «кислотного» воздействия NO_x на почвенный покров и фитоценозы, аналогично влиянию оксидов серы. Однако со временем, все большее внимание стало уделяться эффектам, связанным с «эвтрофирующей» способностью NO_x, которые поступают в ландшафты с атмосферными выпадениями в основном в нитратной форме, т.е. легкодоступной биоте и при условиях промывного режима активно мигрирующей с почвенно-грунтовым стоком. Таким образом, техногенная эмиссия NO_x затрагивает как биогенные звенья азотного цикла, так и гидрохимический сток, соотношение которых, по мнению М.А.Глазовской [5], является одним из интегральных показателей замкнутости масс-баланса и устойчивости природных систем. Интенсивность и продолжительность воздействия, а также ландшафтно-геохимические условия конкретных природных территорий определяют специфику ответных реакций геосистем на «азотное загрязнение» ландшафтов, в котором можно выделить несколько стадий. Для них характерны определенные изменения количественных соотношений параметров масс-баланса не только азота, но и сопряженных с ним макроэлементов (прежде всего, углерода).

Это позволяет использовать модели биогеохимического масс-баланса для количественной оценки допустимых нагрузок техногенных соединений азота на природные ландшафты, рассчитав максимальный уровень их поступления в экосистемы, при долговременном воздействии которого не нарушается соотношение основных миграционных потоков, сохраняются нормальное функционирование и структура биогеоценозов. Этот экологически обоснованный уровень нагрузок в зарубежной и отечественной литературе обозначают термином «критическая нагрузка» (КН). При расчетах КН учитываются основные почвенно-геохимические и биоклиматические характеристики геосистем, определяющие устойчивость ландшафтов в отношении данного класса поллютантов, а также «устанавливаются» экологически обоснованные стандарты качества природных сред, полученные на основе экспериментальных и мониторинговых исследований.

Применение моделей масс-баланса в региональных оценках, естественно, требует максимального учета пространственной дифференциации территорий, которая должна быть отражена в соответствующих значениях входных параметров модели. Как правило, в качестве входных параметров используются средние значения различных природных характеристик. Однако среднее значение не всегда адекватно отражает естественную вариабельность природных показателей, связанную с их сезонной или межгодовой динамикой, внутривидовыми различиями биоты и пространственной неоднородностью условий среды. Например, имеющиеся данные могут быть представлены ограниченным набором значений и/или не иметь нормального статистического распределения, что делает расчеты среднего арифметического или медианы некорректными. Альтернативным вариантом может быть решение уравнений масс-баланса стохастическими методами, например, методом Монте-Карло, когда для входных параметров составляется вариабельный набор

возможных величин. При таком подходе для каждого рассматриваемого объекта результирующее значение КН представляет собой не единственное значение, а вариационный ряд значений, который соответствует возможному сочетанию природных условий за выбранный исследователем отрезок времени. Последующий анализ полученных выборок позволяет дать более детальную характеристику исследуемых объектов, необходимую для обоснования экологически допустимых нагрузок.

Согласно принципам, используемым в геохимической экологии и экотоксикологии, при разработке нормативов принято, что уровни нагрузок и воздействующих доз, соответствующие 95%-ной и 5%-ной защищенности популяций, рассматриваются как нижняя и верхняя границы допустимых воздействий поллютантов на живые организмы, а 50%-ный уровень соответствует максимально обоснованной нагрузке. Эти значения рассчитываются, соответственно, как 5%, 50% и 95% квантили из имеющейся выборки экспериментальных или модельных значений. Аналогично, более «строгие» нормативы техногенных нагрузок поллютантов (на уровне нижней границы допустимых воздействий) должны быть рекомендованы для охраняемых территорий (заповедников и т.п.), тогда как для промышленных территорий возможны и экономически целесообразны менее «строгие» показатели КН.

Рассмотренные методические подходы позволяют также оценить вероятности превышений КН при разных сценариях эксплуатации производственных объектов, являющихся источниками загрязнения окружающей среды, что важно для анализа экологических рисков в связи с осуществляемой или планируемой хозяйственной деятельностью. В докладе будут приведены результаты проектов, в которых реализованы данные подходы.

Литература

1. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа. 1988. 324 с.
2. Глазовская М.А. Критерии классификации почв по опасности загрязнения свинцом // Почвоведение. 1994, № 4. – С.110-120.
3. Глазовская М.А. Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. – 102 с.
4. Глазовская М.А. Технобиогеомы – исходные физико-географические объекты ландшафтно-геохимического прогноза // Вестник МГУ, сер. 5, географ., 1972, №6. – С. 23-35.
5. Глазовская М.А. Качественные и количественные оценки сенсорности и устойчивости природных систем к техногенным кислотным воздействиям // Почвоведение. 1994, № 1. – С. 134-139.
6. Башкин В.Н., Припутина И.В. Управление экологическими рисками при эмиссии поллютантов. М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2010. – 186 с.

УДК 631.487: 470.55

ХАРАКТЕРИСТИКА ПАЛЕОПОЧВ ЗАУРАЛЬЯ И УСЛОВИЙ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ В БРОНЗОВОМ ВЕКЕ

В.Е. Приходько (1), И.В. Иванов (1), Д.В. Манахов (2), Н.И. Герасименко (3), Kazuyuki Inubushi К. (4), М. Kawahigashi (5), Н. Nagano (4), S. Sugihara (6)

(1) ИФХиБПП РАН, Пушкино Московской обл., e-mail: valprikhodko@rambler.ru; (2) МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, e-mail: demian2@yandex.ru; (3) КНУ им. Т. Г. Шевченко, Киев, e-mail: n.garnet2@gmail.com; (4) университет, Чика, Япония, e-mail: inubushi@faculty.chiba-u.jp; (5) e-mail: Метрополитен университет, Токио, Япония, kawahigashi-masayuki@tmu.ac.jp, (6) Университет, Киото, Япония, e-mail: sohs@kais.kyoto-u.ac.jp

На территории Южного Зауралья, найдено 22 укрепленных поселения и множество археологических памятников Бронзового века. Они объединены в комплекс, получивший название «Страна Городов» и принадлежат синташтинской археологической культуре [1]. Первое хорошо сохранившееся укрепленное городище средне бронзового века найдено в 1987 г. и названо Аркаим, для его сохранения создан заповедник. Название дано по имени наивысшей точки региона – горы Аркаим (398 м).

Объектами изучения служили палеопочвы, погребенные под стенами-валами поселения Аркаим, и дневные фоновые современные почвы. Заповедник расположен в степной зоне Челябинской области у слияния рек Утяганка и Б. Караганка (притока р. Урал) (52° С, 59-60° В). Особенности почв разных археологических памятников «Страны Городов» исследовали [2, 3]. Однако детальная характеристика палеопочв протогорода Аркаим приводится впервые. Это важно для установления развития почв, палеоэкологических реконструкций и причин заселения Уральского региона. Выполнялись общие свойства почв, ¹⁴С датирование гумуса (Н.Н. Ковалюх, Киев) и спорово-пыльцевой анализ палеопочв.

Спорово-пыльцевой анализ. Эти исследования проводились во время археологических раскопок Аркаима. На основании исследования образца фоновой современной почвы с глубины 65-70 см, имеющего возраст 4130±110 лет, близкий времени сооружения Аркаима, выявлено существование в этот период достаточно аридных условиях, а изучение вышележащего почвенного слоя возрастом 3600 лет свидетельствует о тенденции увлажнения климата [4].

Нами проведен палинологический анализ палеопочвы слоя 0-2 см, имеющий радиоуглеродный возраст 3840 ±140 лет. Среди микрофоссилий пыльца трав составляет 68%, древесных - 20%, споры папоротников и мхов – 12%. В составе трав преобладает разнотравье довольно богатого состава (43,5%) и злаки (33,5%). Среди древесных пород доминируют микрофоссилии сосны (80%). Участие палиноморф ксерофитов невелико – 6,5%

пыльцы полыни, 5% пыльцы маревых. Встречена пыльца злаков и конопли, по морфологии напоминающая культурные виды. Таким образом, на описываемом отрезке времени Аркаим был окружен разнотравно-злаковой степью с преобладанием лугового разнотравья разнообразного состава и небольшим участием ксерофитов и галофитов. На некотором расстоянии от поселения произрастали светлые сосновые боры с участием березы и ели и наземным покровом из папоротников и зеленых мхов, на опушках встречались жимолость, боярышник, шиповник, дикая вишня. Встречались ольха и ель – влаголюбивые породы. Отметим, что современная лесная растительность заповедника Аркаим (осиново-березовые и лиственнично-березово-сосновые травянистые колки и леса) отображает условия более континентального и холодного климата, чем в древности с сосновыми лесами с папоротниковым покровом; присутствие пыльцы широколиственных пород: вяза, клена, липы, а также рогоза и конопли свидетельствует, что условия были несколько теплее современных. Что же касается увлажнения, в долине реки, где расположено поселение, в составе травянистого покрова, как и сейчас, было достаточно много лугового разнотравья. Однако в современном составе растительности не отмечены ольха и ель – влаголюбивые породы, которые встречались во время существования поселения. И главное – низкое участие пыльцы травянистых ксерофитов и галофитов. Таким образом, судя по споро-пыльцевому анализу, климат во время сооружения стены поселения был несколько влажнее и теплее современного.

Фоновые почвы. Литологический профиль: представлен легкими суглинками и супесями, подстилаемыми песками. Гумусовый профиль (горизонты А+АВ) фоновых почв имеет небольшую мощность 37 ± 4 см, размах ее колебаний составляет 26–45 см. Размер горизонта А1 фоновых почв изменяется от 18 до 27 см и составляет 22 ± 6 см. В фоновой почве вскипание от 10% HCl в материале между гумусовыми языками начинается на глубине 25–35 см и повсеместное – 38–220 см. Карбонаты представлены редкими пятнами, точками и тонкодисперсной формой. Гипс начинается с глубины 70 см. Максимум карбонатов залегает на глубине 35–80 см, средневзвешенное содержание CaCO₃ в слое 0–1 м составляет 7%. В слое 20–25 см появляются легко растворимые соли. Их содержание в почвенном профиле колеблется от 0,4 до 0,7 %. В составе легко растворимых солей в верхней части профиля преобладают HCO₃⁻ ионы, в нижней части толщи наряду с HCO₃⁻ ионами заметную часть составляют SO₄⁻² и Cl⁻ ионы; среди катионов во всей толще преобладают ионы натрия. Солонцеватость фоновых почв начинается с горизонта В. Степень их засоления – средняя, солонцеватости – сильная.

Палеопочвы. Морфология и расположение гумусовых языков в профиле погребенных и фоновых почв не различаются. Мощность гумусового горизонта палеопочв (35 ± 4 см) близка фоновым почвам. Гумусированность профиля палеопочв немного меньше, чем современных почв. В горизонте А1 содержание Сорг. составляет 1,17%, реконструированное – $2,93\pm 0,33$, фоновых почв – $3,04\pm 0,38$. В процессе погребения содержание гумуса палеопочв снижается на 50–60% в результате диагенетических процессов (Иванов, 1992). В палеопочвах легкорастворимые соли и карбонаты встречаются по всему профилю. В профиле древних почв карбонатный максимум слабо выражен и средневзвешенное содержание CaCO₃ в слое 0–1 м составляет 6%. Степень солонцеватости слабая и средняя. Концентрация легкорастворимых солей в палеопочвах меньше, чем в фоновых почвах и не превышает 0,3%. Состав легкорастворимых солей исследованных почв не различается.

Близкие характеристики свойств получены при изучении палеопочв кургана, сооруженного 3,9 тысяч лет назад (т.л.н.) около с. Александровка, располагающегося в 1,5 км от заповедника «Аркаим» [2].

Таким образом, можно отметить, что погребенные и фоновые почвы диагностируются как обыкновенный чернозем, различия между ними заключаются в большей засоленности и солонцеватости почв в современный период. На основании свойств палеопочв можно заключить, что климатические условия во время функционирования городища Аркаим были близки современному, возможно с несколько большей увлажненностью.

Имеются научные литературные данные, которые подтверждают наши выводы о палеоэкологических условиях эпохи средней бронзы. Так, исследование палеопочв поселения «Ленинградское», расположенного вблизи Аркаима, позволяет говорить, что период его формирования в эпоху средней и поздней бронзы характеризовался теплыми и умеренно-влажными условиями, были распространены степные ландшафты с черноземами обыкновенными, но более теплой фации (Некрасова, 2002). Близкие данные получены для Оренбургского Приуралья, на основании изучения около 20 подкурганых палеопочв установлено, что в поздней период климатические условия были близки современному; а 3,7–3,8 т.л.н. климат срубного времени отличался меньшей континентальностью, чем в настоящее время, предположительно, за счет похолодания в летнее время [5].

В Самарском Заволжье изучение палеопочв, погребенных под курганами, сооруженными 3,7–3,9 т.л.н., показало, что во время существования потаповской культуры отмечалось похолодание и увеличение осадков, в результате этого степные черноземы заменились лесостепными. Также для палеоэкологических реконструкций установлена информативность изучения фракционно-групповой состава гумуса и соотношения элементов (в частности N/C) в гуминовых кислотах палеопочв [6]. Имеются и противоположные мнения, свидетельствующие о засушливости климата периода средней бронзы в южном Поволжье и на Средне-Русской равнине (Александровский, 1984; Демкин и др., 1995; Сычева, Чичагова, 1999).

Литература

1. Зданович Г.Б., Батанина И.М. Аркаим – Страна городов: Пространство и образы (Аркаим: горизонты исследований). Челябинск: изд-во Крокос; Юж.-Урал. кн. изд-во, 2007. 260 с.
2. Иванов И.В., Чернянский С.С. Общие закономерности развития черноземов Евразии и эволюция черноземов Зауралья // Почвоведение. 1996. № 9. С. 1045–1055.

3. Плеханова Л.Н., Демкин В.А., Зданович Г.Б. Эволюция почв речных долин степного Зауралья во второй половине голоцена. М.: Наука, 2007. 236 с.
4. Лаврушин Ю.А., Спиридонова Е.А. Основные геолого-палеоэкологические события конца позднего плейстоцена и голоцена на восточном склоне Южного Урала // Природные системы Южного Урала. Челябинск: ЧГУ, 1999. С. 66-104.
5. Хохлова О. С. Палеоклиматических реконструкции для III тысячелетия до н.э. по данным палеопочвенного изучения курганов ямной культуры в Оренбургском Приуралье // Вестник ОГУ. 2007. № 10. С. 110-117.
6. Дергачева М.И., Васильева Д.И. Палеопочвы, культурные горизонты и природные условия их формирования в эпоху бронзы в степной зоне Самарского Заволжья // Вопросы археологии Поволжья. Вып. 4. (Памяти И.Б. Васильева), 2006 .С. 464-476.

УДК 631.48

РОЛЬ ФАЦИАЛЬНОСТИ ГЕОХИМИИ ЛАНДШАФТОВ В ГЕОГРАФИИ БУРОЗЕМОВ ПРИОКЕАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ

Б.Ф. Пшеничников (1), Н.Ф. Пшеничникова (2)

(1) ДВФУ, Владивосток, e-mail: bobf@bio.dvfu.ru; ТИГ ДВО РАН, Владивосток, e-mail: n.f.p@mail.ru

Приокеаническое положение территории Дальнего Востока обуславливает своеобразие ее геохимии ландшафтов и географии почв. Систематизация литературных данных и авторских исследований по изучению почвенного покрова прибрежно-островной зоны Японского моря свидетельствует, что фациальность геохимии ландшафтов этой территории обусловлена дополнительным поступлением в них компонентов химического состава морских вод за счет химического состава атмосферных осадков, импультверизационного привноса аэрозолей морских вод, конденсации влаги морских туманов и своеобразия биологического круговорота веществ [1, 2, 3].

Для исследуемой территории характерны наиболее резко выраженные черты муссонности климата и прогрессирующая антропогенная трансформация хвойно-широколиственных, широколиственных лесов во вторичные дубовые и дубово-липовые леса, а последних – в изреженные остепненные дубняки с мощным травяным покровом, остепненные злаково-разнотравно-кустарниковые и злаково-разнотравные группировки.

Пространственно-временная динамика биоклиматических условий и геохимического воздействия моря предопределяет фациальность геохимии ландшафтов исследуемой территории. Она проявляется в динамике щелочно-кислотного состояния распространенных здесь буроземов и их физико-химических показателей (рН, содержания гумуса, обменных катионов, степени насыщенности основаниями). Отмеченные биоклиматические и геохимические особенности формирования буроземов рассматриваемой зоны обуславливают специфичность их гумусообразования и гумусонакопления. Она проявляется во внутривидовой дифференциации содержания гумуса и его качественного состава и как следствие этого – в различной интенсивности развития аккумулятивно-гумусового и иллювиально-гумусового процессов в рассматриваемых буроземах. Это и определяет разнообразие их морфологического строения и их пространственную дифференциацию [4].

На исследуемой территории наиболее широко распространены два зональных типа почв: буроземы и буроземы темные. Первые формируются под широколиственными, хвойно-широколиственными лесами, вторые – под остепненными дубовыми лесами с хорошо развитым травянистым напочвенным покровом, травянисто-кустарниковыми и травянистыми группировками. В составе типа «буроземы» на подтиповом уровне выделяются: буроземы типичные, буроземы оподзоленные и буроземы коричнево-бурые иллювиально-гумусовые, а в типе «буроземы темные» – буроземы темные типичные и буроземы темные иллювиально-гумусовые [3].

География указанных подтипов буроземов прибрежно-островной зоны Японского моря в значительной степени связана с характером растительности, геоморфологическим местоположением и интенсивностью геохимического воздействия моря. Это положение иллюстрируется данными исследований буроземов трех районов южной части Приморья: о. Петрова и побережья мыса Островной; о. Русский; о. Большой Пелис и побережья бухты Спасения.

На о. Петрова, у подножья склона, где наблюдается наиболее активное импультверизационное геохимическое воздействие моря, под тисовым лесом развиты буроземы темные иллювиально-гумусовые, а на его вершине под широколиственно-кедровым лесом – оподзоленные буроземы. На побережье мыса Островной под дубовыми лесами со слабо развитым травянистым напочвенным покровом распространены своеобразные коричнево-бурые иллювиально-гумусовые буроземы, а под порослевыми широколиственными лесами, сформировавшимися на месте прежних вырубков и гарей – буроземы темные иллювиально-гумусовые пирогенезированные.

На о-вах Русский и Большой Пелис под малотравянистыми дубовыми лесами развиты буроземы типичные (местами слабооподзоленные), а на участках некогда обезлесенных и занятых зарослями лещины или порослевыми лесами – буроземы темные иллювиально-гумусовые. На выположенных обезлесенных склонах побережья бухты Спасения под остепненными мискантусно-разнотравными лугами развиты буроземы темные иллювиально-гумусовые.

Данные физико-химических свойств рассматриваемых буроземов (табл.) отражают своеобразие геохимии приокеанических ландшафтов и, прежде всего, их щелочно-кислотное состояние, обуславливающее морфогенетические особенности буроземов и их географию. Буроземы типичные, развитые под хвойно-широколиственными, широколиственными лесами, характеризуются более кислой реакцией среды, меньшим содержанием обменных кальция и магния и меньшими значениями степени насыщенности основаниями, аккумулятивным типом распределения гумуса по профилю и гуматно-фульватным типом гумификации. Для

буроземов темных иллювиально-гумусовых характерны: реакция среды от слабокислой до нейтральной, высокое содержание обменных кальция и магния, высокая насыщенность основаниями, высокая и глубокая гумусированность профиля с аккумулятивно-иллювиальным характером распределения гумуса, фульватно-гуматный тип гумификации.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что геохимия ландшафтов прибрежно-островной зоны Японского моря предопределяет пространственную динамику щелочно-кислотного состояния, своеобразие морфологического строения, физико-химических свойств и как следствие – географию буроземов этой зоны.

Таблица 1

Физико-химические свойства буроземов прибрежно-островных ландшафтов

Горизонт	Глубина, см	Гумус по Тюрину, %	рН		Мг-экв на 100 г почвы			Степень насыщенности основаниями, %	Сгк Сфк	
			H ₂ O	KCl	Гидролитическая кислотность	Поглощенные катионы по Гедройцу				
						H ⁺	Ca ⁺⁺			Mg ⁺⁺
остров Петрова										
Бурозем оподзоленный эродированный под широколиственно-кедровым лесом, раз. 5-2000										
A0	0-5	-	5,4	4,7	-	-	-	-	-	
A0AY	5-9	26,28	5,1	4,2	24,36	20,40	30,10	6,50	60	0,86
AEL	9-12	9,97	4,1	3,3	28,56	20,40	3,56	4,03	21	1,49
BM	12-35	3,71	4,8	3,8	10,40	7,15	1,01	0,75	14	0,16
Бурозем темный иллювиально-гумусовый под тисовым лесом, раз. 3-2000										
A0	0-3	-	7,1	6,0	-	-	86,6	16,0	-	
AU	3-16	17,03	6,1	5,3	10,0	0,37	19,7	1,54	68	2,00
BMhi	16-47	6,35	6,4	5,4	6,81	1,15	23,0	3,0	79	1,35
Побережье мыса Островной										
Бурозем коричнево-бурый иллювиально-гумусовый под широколиственным лесом, раз. 5-04										
AY	6-14	14,08	6,0	3,9	22,75	8,14	9,48	6,58	41	0,78
BMhi	14-40	6,12	5,1	4,0	21,00	7,41	2,66	0,72	14	0,53
BMhi	40-70	2,03	5,3	4,0	16,63	6,95	0,52	1,47	11	0,32
BMC	70-90	1,81	5,3	3,9	17,94	8,02	0,57	3,78	20	0,44
Бурозем темный иллювиально-гумусовый пирогенезированный под дубовым лесом, р.13-04										
AUpir.	6-31	13,95	5,5	4,7	16,63	5,86	23,81	1,87	60	1,15
BMhi	31-51	10,09	6,0	4,9	10,50	1,18	19,62	3,77	69	1,09
BMC	51-84	0,87	6,2	4,5	4,81	0,51	10,16	11,16	82	0,09
остров Русский										
Бурозем типичный под малотравяным дубовым лесом, раз. 15-95										
AY	4-19	8,26	5,5	4,4	22,10	-	28,90	19,90	69	0,70
BM	19-34	2,41	5,6	4,6	22,10	-	7,90	1,90	31	0,30
BMC	34-46	2,07	5,7	4,3	11,00	-	8,90	3,90	54	-
Бурозем темный иллювиально-гумусовый под дубняком с зарослями лещины, раз. 10-95										
AU	2-8	10,86	5,8	5,0	18,20	-	49,90	19,90	79	1,20
BM1hi	8-20	6,21	5,4	4,1	19,00	-	23,90	9,90	64	1,00
BM2hi	20-37	1,21	5,4	3,9	12,80	-	6,90	6,90	53	0,50
BMC	37-54	0,52	5,8	4,4	8,40	-	10,90	4,90	65	0,30
остров Большой Пелис										
Бурозем типичный под дубовым лесом, раз. 6-03										
AY	4,5-14	9,15	4,8	3,7	15,58	19,90	5,15	7,61	45	0,86
BM	14-40	1,80	4,8	3,9	6,48	13,30	2,82	1,28	38	0,70
BMC	40-63	0,80	5,8	4,2	4,20	11,60	1,54	5,58	62	0,47
Бурозем темный иллювиально-гумусовый под порослевым липовым лесом, раз. 9-03										
AU	4-19	25,4	5,8	5,3	12,95	9,50	34,33	27,72	83	1,74
BMhi	19-48	8,0	5,7	4,7	12,08	12,80	14,67	12,22	74	1,35
Побережье бухты Спасения										
Бурозем темный иллювиально-гумусовый под мискантусно-разнотравным лугом, раз. 3-01										
AU	1-23	11,75	5,5	4,5	14,70	6,00	8,00	8,36	53	1,73
BMhi	23-44	5,22	5,6	4,5	8,80	3,60	5,01	5,23	54	1,04
BM	44-65	0,60	5,6	4,3	6,10	1,60	3,99	3,04	54	0,30
C	65-72	0,43	5,8	4,2	7,90	3,20	3,08	5,64	52	0,20

Примечание: «-» – не определялось

Литература

1. Пшеничников Б.Ф. Континентально-приокеанические буроземы, их развитие и эволюция (на примере Япономорского побережья) : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. - Владивосток, 1998. - 39 с.
2. Пшеничников Б.Ф. Особенности формирования и эволюции островных буроземов в условиях муссонного климата юга Дальнего Востока // Растения в муссонном климате : материалы III междунар. конф., Владивосток, 22-25 окт. 2003 г. – Владивосток : ДВО РАН, 2003 г. – С. 124-129.
3. Пшеничников Б.Ф., Пшеничникова Н.Ф. Влияние интерференции геохимического воздействия океана, биоты, внутрипочвенного выветривания на генезис и географию лесных почв юга Дальнего Востока // Экологические функции лесных почв в естественных и антропогенно нарушенных ландшафтах : материалы междунар. науч. конф. - Петрозаводск, 2005. – С. 82-83.
4. Пшеничников Б.Ф., Пшеничникова Н.Ф., Ляцневская М.С., Зубахо Е.Г., Ханяпин Е.В. Влияние педоантропогенеза на морфологическое строение и экологические функции приокеанических буроземов юга Дальнего Востока // Материалы Международной научной конференции «Ресурсный потенциал почв – основа продовольственной и экологической безопасности России» / под ред. Б.Ф. Апарина.– СПб.: Издательский дом С-Петербургского государственного университета, 2011. С. 451-454.

УДК 704

О ПОВЕДЕНИИ МЫШЬЯКА В ТЕХНОГЕННОМ ЛАНДШАФТЕ

Р.Г. Ревазян, М.Г. Аветисян, Л.А. Араратян

Центр эколого-ноосферных исследований, Ереван, e-mail:eco-centr@mail.ru

Одним из источников загрязнения окружающей среды являются предприятия горнорудной промышленности республики, в частности Араратская золотоизвлекательная фабрика (АРЗИФ). Техногенные факторы оказывают на почвенный покров непосредственное и особенно активное влияние, в результате которого происходит трансформация форм тяжелых металлов (ТМ). Анализ состояния почвенного покрова показал, что на близлежащих территориях АРЗИФ ТМ преимущественно аккумулируются верхними горизонтами почвы и в результате формируются почвенно-геохимические аномалии. В зоне сильного загрязнения выделяются аномалии повышенной интенсивности ряда элементов (As – $KK_1=46-100$, в отдельных точках достигает 154; Cd – 50-119, в некоторых точках достигает до 130; Ni – 23- 48; Cu – 17- 41; Pb – 12-43).

Механизмы фиксации металлов различны и связаны с процессами трансформации их миграционных форм. При этом необходимо отметить, что при изучении влияния техногенных факторов на почвенный покров в природных условиях не всегда удается расчленить и выявить все факторы, воздействующие на механизмы изменения свойств почв. Поэтому нами, кроме сопряженного натурного изучения фоновых и загрязненных почв выполнены лабораторные опыты с тем, чтобы более четко вычленить фактор загрязнения почв и найти пути снижения поступления ТМ в растения и грунтовые воды.

Известно, что в трансформации форм соединений элементов в миграционной цепи почва-растение решающее значение имеют их подвижные формы, обеспечивающие активное функционирование организмов. При этом между подвижными и прочносвязанными формами поддерживается динамическое равновесие, где ионы, находящиеся в подвижных формах, могут в течение определенного времени переходить в труднорастворимое состояние и наоборот.

В модельных опытах изучали поведение мышьяка с применением природных сорбентов (перлит, диатомит). Для изучения сорбции мышьяка в почвах была проведена серия опытов. В качестве экстрагента для извлечения мобильных соединений мышьяка выбрана дистиллированная вода, 1н. уксуснокислый аммоний. Для вытеснения же его из необменной и прочносвязанной форм соответственно использовали 2н. и 5н. соляную кислоту. Величину трансформации подвижных форм в обменные и прочнофиксированные определяли по контролю и в вариантах с внесением природных сорбентов. Доза применяемых сорбентов – от 0.5 до 1.5 % от веса почвы.

Результаты опыта показали, что наибольший эффект получен от внесения диатомита, при котором водорастворимый мышьяк через год после внесения уменьшился в 3 раза и составлял всего 4.3 %, обменный – в 4 раза и составлял 18 %, остальное количество перешло в солянокислую вытяжку (63 %) и 14 % не десорбировалось из почвы. В итоге, после одного года большая часть мышьяка при его взаимодействии с почвой из воднорастворимой формы перешла в обменную форму. При внесении же в почву природных сорбентов отмечается уменьшение доли обменной формы мышьяка, увеличение необменной формы и его той части, которая не извлекается из почвы ни одним десорбентом, т.е. трансформация миграционных форм мышьяка в техногенно-аномальной почве происходит в соответствии с изменением соотношения обменной и необменной форм в пользу последней.

Для выявления действия природных сорбентов на миграционную активность мышьяка были заложены также лизиметрические опыты. Результаты исследования показали, что химизм инфильтрационных вод значительно меняется в зависимости от применения сорбента (диатомита). В варианте с применением сорбента обнаружено наименьшее количество ионов мышьяка (в 3 раза ниже контрольного варианта). При этом характер сорбции мышьяка с сорбентом со временем меняется и обменная форма постепенно трансформируется в прочнофиксированную. Так, в первый год опыта концентрация ионов мышьяка в фильтрате была ниже контрольного варианта в 2 раза, а во второй год – 3.3 раз.

С целью выявления прочности связи мышьяка с почвой по сравнению с идентичным ему по некоторым

свойствам ванадием рассчитали наблюдаемые отношения (НО) для этой пары применительно к системе почва-лизиметрический фильтр. В данном случае величина НО определяется соотношением $НО = As/V$ мг/л в фильтрате / As/V мг/кг в почве.

Данные опыта показали, что имело место значительное понижение миграционной активности мышьяка (величина НО) при применении сорбента. Следовательно, лизиметрические исследования подтвердили результаты опытов по закреплению мышьяка природными сорбентами.

Таким образом, под воздействием природных сорбентов произошла трансформация соединений мышьяка в сторону форм, способствующих улучшению экологического состояния подземных вод и экосистемы в целом.

УДК 631.47

ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ РИСОПРИГОДНЫХ ПОЧВ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Н.В. Романова

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, ninadvgtu@mail.ru

На территории зоны рисосеяния юга Дальнего Востока выделяют две группы земель: 1) пригодные для орошения без сложных мелиораций – освоенные равнинные, слабосточные территории, почвенный покров которых представлен в основном луговыми почвами; 2) пригодные для орошения, но нуждающиеся в сложных мелиорациях – лугово-болотные почвы, сформированные в бессточных условиях, их освоение сопряжено с выполнением агротехнических мероприятий.

Такая группировка рисопригодности территории обуславливает различную сложность строительства и эксплуатации рисовых оросительных систем (РОС). Первая группа земель предполагает непосредственный ввод РОС в эксплуатацию без предварительной подготовки почв к сельскохозяйственному использованию. Для второй группы рекомендуется перед строительством и эксплуатацией РОС провести предварительную мелиоративную подготовку земель: осушение, окультуривание верхнего горизонта лугово-болотных почв с осуществлением посевов суходольных культур в течение 3-5 лет.

Биологическая продуктивность почвы, ее плодородие определяется содержанием и запасом гумуса, мощностью гумусового горизонта и механическим составом почвы. Оценочная шкала биологической продуктивности рисовых почв включает все перечисленные параметры и представлена в таблице. [1]

Таблица 1

Оценочная шкала биологической продуктивности рисовых почв

Критерии оценки почв	Мощность гумусового горизонта, см	Количество гумуса, %	Запасы гумуса в слое 0-20 см, т/га	Содержание, %	
				Физической глины	Ила
оптимальные	Более 20	Более 10	Более 150	Более 70	Более 40
хорошие	20-15	10-6	150-110	70-60	40-30
средние	15-10	6-3	110-75	60-50	30-15
удовлетворительные	Менее 10	Менее 3	Менее 75	Менее 50	Менее 15

Согласно исследованиям ряда авторов, после вовлечения ценных почв под культуру риса происходит уменьшение в верхнем горизонте общего количества органического вещества и гумуса, с частичным накоплением последнего в подпахотных слоях или выносом за пределы метровой толщи. [2,3]

Другие авторы, напротив, считают, что орошение не вносит существенных изменений и не оказывает отрицательного влияния на содержание гумуса в почвах. [4] Некоторые из них указывают, что уменьшение органического вещества в верхнем горизонте почв происходит в первые годы освоения за счет припахивания нижних горизонтов, и показывают, что при длительном орошении запасы гумуса восстанавливаются за счет поступления в почву больших количеств свежих органических остатков. За одну вегетацию под рисом может накапливаться 12-15 т/га свежих остатков органических веществ. [5,6]

Оценка гумусового состояния почв на рисовых системах юга Дальнего Востока и анализ запасов и содержания гумуса по расчетным слоям не выявил отрицательной закономерности в распределении и изменении содержания гумуса. Напротив, по имеющимся данным четко вырисовывается не только накопление гумуса в верхнем горизонте, но и увеличение его содержания по профилю рассматриваемых почв.

Отмечено, что на новых рисовых системах с выраженной пестротой почвенного покрова деформация неизбежна и продолжается пока не сформируются «рисовые» почвы. С увеличением срока использования почв под рис запасы органического вещества и гумуса не только сохраняются на уровне целинных почв, но и заметно возрастают, чему способствует сам процесс мелиорации.

Исследование почвенного покрова и в особенности анализ запасов и содержания гумуса в условиях орошения приобретает большое значение для обоснования севооборота и возделывания риса и других сельскохозяйственных культур.

Литература

1. Корляков А.С. Почвенный покров зоны рисосеяния Приморья//Проблемы использования и охраны почв Сибири и Дальнего Востока. – Новосибирск: Изд. «Наука», 1984. – с. 118-121.
2. Костенков Н.М., Хавкина Н.В. К вопросу об изменениях состава гумуса луговых глеевых почв рисовых полей Приморского края//Генезис бурых лесных почв. - Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1972. - с. 133-137.
3. Неунылов Б.А. Повышение плодородия рисовых полей Дальнего Востока. - Владивосток: Примиздат, 1961. - 239 с.
4. Антипов-Каратаев И.Н., Филиппова В.Н. Влияние длительного орошения на процессы почвообразования и плодородия почв степной полосы европейской части СССР. (Черноземы и каштановые почвы). - М.: Изд-во АН СССР, 1955. - 207 с.
5. Кириченко К.С. Почвы районов рисосеяния Европейской части СССР//Природа почв рисовых полей. - Алма-Ата: Наука, 1969. - с. 23-32.
6. Шарапов И.Д. Почвенные процессы на рисовых полях Южного Казахстана//Природа почв рисовых полей. - Алма-Ата: Наука, 1969.- с. 77-84.

УДК.631.48:551.3.051

К ВОПРОСУ О ПОДВОДНОМ ПОЧВООБРАЗОВАНИИ

В.И. Росликова

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, e-mail: roslikova@ivep.as.khb.ru

Научные исследования осадков крупных озер были начаты во второй половине XVIII в. С утверждением новой отрасли знаний в науках о Земле – почвоведения, исследователи начали проявлять особый интерес к донным отложениям как к природным объектам, обладающим рядом признаков, идентичных почвам. Учение о геохимии ландшафтов Б.Б. Полюнова [1] было положено в основу типизации элементарных ландшафтов, которые по условиям миграции, объединены в четыре типа. Элювиальные, трансэлювиальные, супераквальные, аквальные. Их совокупность в пределах местности и образует местный геохимический ландшафт, в котором существует связь между элювиальными и подчиненными [2]. Эти теоретические обоснования связи элювиальных процессов водосборных площадей с аккумулятивными ландшафтами привели исследователей к мысли о возможности распространения ландшафтного подхода при исследовании подводных ландшафтов. Географы и почвоведы практически одновременно подошли к решению этого вопроса. Однако, почвоведы в отличие от географов, имея достаточно аргументированную почвенную концепцию, не ставили знака равенства между наземными почвами и подводными образованиями. Хотя и предлагали включить эти образования в классификацию почв. Определяя почву как самостоятельное естественноисторическое тело, сформировавшееся под влиянием пяти факторов почвообразования, В.В. Докучаев подчеркивал, что не все рыхлые субстраты на которых произрастают растения, могут считаться почвами с научной точки зрения. Подводные отложения, существенно переработанные живыми существами, в конечном итоге могут приобрести ряд особенностей свойственных почвам. Это дало основание выделить субаквальные ландшафты с наличием субаквальных почв [3]. Однако это всего лишь дань тому, что почвы и подобные им тела оказываются похожими друг на друга, что и заставляет применять к ним методологию и методы, разработанные в почвоведении.

Представления о единстве генезиса, экологии и географии почв и составляют теоретическое ядро генетического почвоведения как фундаментальной науки. В Тихоокеанском институте географии ДВО РАН определилось новое направление физической географии – «морское ландшафтоведение» [4]. В отработке основных положений концепции были заложены методологические посылки, разработанные для исследований наземных ландшафтов. Генетическая суть осадков водоемов в отличие от почвы заключается в том, что само минеральное вещество по своему происхождению и местонахождению очень разнородно. В новых физико-географических условиях, оно претерпевает изменения, образуя при этом новую минеральную ассоциацию. В противоположность морским геосистемам, на суше почва является твердой опорой и транспорт биогенов осуществляется через корневую систему из почвы. В море фотосинтетика ассимилируют эти вещества всей поверхностью прямо из воды, которая служит и субстратом и передатчиком энергии. По мнению авторов в южной части дальневосточного Приморья подводные ландшафты в бухтах и заливах располагаются, как правило, концентрическими полосами и дугами, очерчивая основные геоморфологические элементы. В разное время года облик и структура подвержены изменениям. Сравнительный анализ основных свойств и компонентов ландшафтов суши и моря показал, что эти системы отличаются не только по всем физическим параметрам, но и по основным динамическим процессам. При условии рассмотрения морской природной системы, в ракурсе ландшафтной методологии ничего общего с ландшафтом суши не было обнаружено. Авторами был поставлен правомерный вопрос «...на каком основании морскую систему мы можем по - сухопутному называть ландшафт...» [4, стр.41].

В последние годы внимание почвоведов вновь привлекли субаквальные ландшафты [5]. Следуя постулату о том, что гумусовые вещества и в частности гумус, являются главным атрибутом почв, то донные отложения это и есть подводные или «аквапочвы». Они, по мнению авторов, являются продуктом особой формы почвообразования, где сырьем для процессов гумусообразования является автохтонное органическое вещество. Авторами утверждается, что накопление в подводных осадках гуминовых кислот связанных с Са есть свидетельство «истинного накопления гумуса автохтонным путем». Этот вывод правомочным может стать в том случае, если будет определен баланс органического вещества и его соотношение в осадке и воде

с учетом всех составляющих различных низкомолекулярных соединений и воднорастворимых гумусовых веществ. В водоеме в периоды интенсивного вертикального водообмена в процессе уже хемосинтеза образуются значительные количества органического вещества. Утверждение того, что Сорг. является продуцентом фитопланктона в донных отложениях залива Петра Великого *in situ*, авторами не подтверждено. Самым главным в этих исследованиях является отсутствие верной методологической посылки. Во-первых, гумус является не только атрибутом почв, а во-вторых – органическое вещество почвы, гумус, гумусовые вещества не являются синонимами и один из них нельзя заменить другим. Важно то, что в донных отложениях «природная фабрика» работает на «привозном сырье» и выпускает специфические горные породы. Через «фабричную зону» проходит однонаправленный продукт веществ, который на входе не зависит от природного биогеоценоза, а на выходе представляет продукт, никак не влияющий на породившую его систему [3].

Все сказанное не дает основания отождествлять накопление гумуса в подводных ландшафтах с процессами почвообразования, а сам термин «аквапочва» в данном случае бездоказателен. Нами совместно с лабораторией палеогеографии ТИГ ДВО РАН проведено изучение керна осадков внутреннего водоема озера Ханка [6]. Исследованиями были охвачены: наиболее глубоководная часть, мелководье, ряд заливов и истоков рек. Глинистые осадки в озере распределены крайне локально и являются транзитными. Последовательность горизонтов, которая присуща почвам отсутствует. Данные микроморфологии приповерхностных горизонтов свидетельствуют о том, что тонкодисперсный гумус и углеподобные частицы являются простыми примесями. Углеподобные частицы образуют локальные скопления. Отмечаются отдельные сгустки рыхлых скоплений диспергированной органики с плазменным материалом и слабыми следами ожелезнения. Даже в более глубоких горизонтах осадков отмечаются свежие растительные остатки. Зерна минералов умеренно устойчивых разновидностей плохо окатаны. Их поверхности не корродированны. В микрозонах начинает преобладать, раздельно-чешуйчатая ориентация. Глинистая составляющая представлена каолинитом, монтмориллонитом и гидрослюдой с заметной железистой инкрустацией. Исследованные объекты характеризуются нейтральной и слабокислой реакцией среды (рН водное 7,5-6,6), которая не имеет определенных закономерностей по глубине керна. Степень насыщенности колеблется в пределах 42-75 % без выраженных закономерностей.

Содержание гумуса составляет 2-3 % не имея определенной проиуроченности к выделенным слоям. Такое перераспределение гумуса, по данным микроморфологического анализа, связано с повышенным количеством механически диспергированных частиц свежих остатков, где процессы гумусообразования выражены слабо. Полученные результаты по распределению гумуса свидетельствуют о том, что процессы накопления на дне водоема не могут быть связаны напрямую с накоплением его *in situ*. Работы последних лет о природе органического вещества пресноводных водоемов раскрыли важную роль воднорастворимых органических веществ, в которых кроме большого набора неспецифических соединений находятся воднорастворимые гуминовые вещества, которые играют важнейшую роль в биохимических циклах водных экосистем.

Таким образом, образование и накопление органического вещества, гумусовых веществ и гумуса в подводных ландшафтах имеют природу отличную от подобных процессов, протекающих в субаральных условиях. В свете развития идей классического почвоведения о единстве генезиса, экологии и географии почв необходимо прежде выявление признаков этого единства в различных аквальных ландшафтах.

Литература

1. Польшов Б.Б. Учение о ландшафтах // Избр. тр.М.: Изд-во АН СССР.1956. 234 с.
2. Глазовская .М А. Почвы мира. М.: Изд-во МГУ. 1972. 231 с.
3. Дмитриев Е.А. Почва и почвоподобные тела// Почвоведение, 1996, № 3. С.310-319.
4. Арзамасцев И.С., Преображенский Б.В. Атлас подводных ландшафтов Японского моря. М: Наука.1990. 222с.
5. Ивлев А.М., Нестерова О.В. К вопросу об изучении аквапочв //Вестник ДВО РАН.2004.№4.С.47-52.
6. Росликова В.И., Короткий А.М. Mn-Fe конкрециобразование в субаквальных ландшафтах континентального водоема (на примере озера Ханка)// Вестник ДВО РАН.1993.№6. С. 57-61.

УДК 631.47

ИРРИГАЦИОННАЯ И ПОСТИРРИГАЦИОННАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ПОЧВ СТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ

А.М. Русанов (1), Е.В. Шеин (2)

(1) Оренбургский государственный университет, Оренбург, e-mail: soilec@esoo.ru;

(2) МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, e-mail: shein@gmail.com.

Степная зона в связи с засушливым климатом и высоким естественным плодородием черноземных почв является территорией орошаемого земледелия. Процесс интенсивного роста площадей орошаемых земель в начале 90-х годов прошлого века по целому ряду причин социально-экономического толка сменился периодом вывода мелиорируемых территорий из режима орошения. Только в степном Предуралье из 100 тыс. га ранее орошаемых земель (как правило лучших в регионе) в настоящее время орошается не более 20 тыс. га. В новых обстоятельствах многие ландшафты, прошедшие период эволюции во время интенсивного орошения, нуждаются в изучении тех изменений, которые происходят с ними в постирригационный период. Целью данной работы является исследование эволюции почв степных ландшафтов за период длительного орошения, а также после прекращения мелиорации, в постирригационный период. Задачи работы включали: изучение эволюции почв за почти 60-ти летний срок их орошения и исследование эволюционных изменений почв и ландшафтов в последующий постирригационный период в связи с растительностью, особенностями

рельефа, материнских пород и глубиной залегания грунтовых вод.

Исходя из цели и задач исследована территория Боровской оросительной системы (ОС), расположенной в подзоне обыкновенных черноземов Предуралья. Она занимает левобережье р. Боровки, ее вторую и третью остепненные надпойменные террасы. В основании территории располагаются древнеаллювиальные отложения и делювиальные желто-бурые карбонатные суглинки. Локально (на 10% площади) выявлены линзы тяжелого по гранулометрическому составу засоленного аллювия. Коренными породами являются алевролиты с линзами известняков и песчаников верхнетатарского подъяруса верхней перми. Они являются основными водоносными горизонтами исследуемого пространства. Территория Боровской ОС орошается с 1934 года. Общая площадь орошения в первые годы эксплуатации составляла 2705,7 га. Судя по архивным данным, на момент ввода участка в режим орошения территория его являла собой выровненную равнину с неглубокими депрессиями и выраженным микрорельефом, почвенный покров которой отличался гомогенностью и был представлен различными родами чернозема обыкновенного остаточного-лугового. Уровень грунтовых вод не превышал 6 - 7 метров. За весь период эксплуатации территория ОС использовалась под посев люцерны посевной (*Medicago sativa* L.). Орошение осуществлялось из водохранилища пресной натриево-кальциево-гидрокарбонатной водой. Оросительные нормы составили 4,0-4,5 тыс. м³/га.

В 1984 году на территории ОС была выполнена работа по исследованию орошаемых почв. Площадь орошения составляла на тот период 2441,3 га. В процессе работы на территории ОС были выявлены ареалы лугово-черноземных почв, в пределах которых на площади 128,7 га отмечено среднее засоление содово-сульфатного типа, а на 157,6 га – сильное. Засоленные почвы были приурочены к микропонижениям, депрессиям и магистральным каналам, т.е. к территориям, подверженным дополнительным влияниям грунтовых и поверхностных вод, уровень которых в зоне влияния магистральных каналов, например, составлял около одного метра. Близко расположенные к поверхности воды отличались повышенной минерализацией и высокой концентрацией ионов натрия. Фоновая же почва ОС продолжала соответствовать своим изначальным классификационным свойствам. Отмечено только снижение содержания гумуса, потечность гумусового горизонта и несколько небольших по площади ареалов слабозасоленных черноземов, что характеризует высокую степень устойчивости элювиального ландшафта к изменившимся факторам среды [1]. Таким образом, за 50 лет эксплуатации локально, из-за сочетания орошения с факторами микрорельефа и засоления материнских пород, произошли значительные изменения в водно-воздушном, солевом, окислительно-восстановительном и других режимах почв, в связи с чем они приобрели иные свойства, что, в свою очередь, привело к усложнению структуры почвенного покрова исследуемой площади за счет формирования в разной степени засоленных черноземов и их антропогенных полугидроморфных аналогов – лугово-черноземных почв.

В начале 90-х годов орошение на территории ОС было прекращено. На первом этапе изучения постирригационной эволюции агроландшафтов был выполнен комплекс геоботанических исследований. Установлено, что видовой состав и другие показатели естественной растительности в определяющей степени зависят от приуроченности к тому или иному элементу рельефа. На выровненных пространствах распространение получило ковыльно-типчаковое сообщество с проективным покрытием 65-70%, средней высотой травостоя 28-31 см, общими запасами фитомассы 274,5 ц/га и отношением подземной фитомассы к надземной 4,6. На этих участках растительность мало отличалась от травостоя целинных участков сопредельных с ОС площадях. На микроповышениях выявлено типчаково-ковыльное сообщество, общее проективное покрытие которого составило 55-60%, высота растений 22-27 см, общая фитомасса 147,2 ц/га, отношение подземной к надземной – 5,3; кохиево-чернополынная растительность, приуроченная к микропонижениям, характеризовалась следующими показателями: проективное покрытие 25-30%, средняя высота 15-20 см, фитомасса 25,6 ц/га, отношение подземной фитомассы к надземной не превышала 2,1. Используя материалы геоботанического исследования в качестве индикационных показателей, было проведено изучение почв под разными растительными сообществами. Выявлено, что почвы выровненных ландшафтов представлены слабоконтрастным сочетанием черноземов остаточного-луговых обычных и, на небольшой территории, слабозасоленных. В депрессиях, на относительных повышениях микрорельефа (до 0,8 м) сформировалась лугово-черноземная слабозасоленная почва, а к микропонижениям, к геохимически подчиненным субквальному ландшафтам [2], приурочен солонец корковый сильнозасоленный. Тип засоления – содово-сульфатный. Полученные результаты свидетельствуют, что в постирригационный период на микроповышениях происходило локальное рассоление почв, которое сопровождалось одновременным усиленным засолением почв соседних небольших по площади понижений, причем с активным участием в этом процессе иона Na, что привело к формированию в пределах этих территорий ареалов солонцов сильнозасоленных.

Весьма характерной является динамика величины рН. В 1984 г. повышенные участки со слабозасоленными черноземами характеризовались величиной рН около 8,0. К настоящему времени ситуация заметно изменилась: поверхностные горизонты лугово-черноземных почв, расположенных на микроповышениях, заметно снизили рН, приближаясь к нейтральной. Напротив, величина рН солонца коркового, приуроченного к понижению, резко возросла, достигнув величин, близких к 10,0.

В составе обменных оснований солонца коркового доминирует ион Na⁺. В составе обменных оснований на глубине максимального засоления на его долю приходится 50% от суммы поглощенных оснований, а значение этого показателя по профилю не опускается ниже 33%. Содержание обменного кальция в верхнем горизонте лугово-черноземных почв достигает 56% от суммы поглощенных катионов, а на глубине засоления (50-55 см) снижается до 35%.

Весь комплекс явлений, произошедший со степными ландшафтами за первые 15-18 лет постирригационной эволюции, связан, прежде всего, со снижением на 2-3 метра уровня грунтовых вод, со сменой типа водного режима, с изменением растительности, с рельефом территории (микроразнообразия в последние годы в процессах динамики солей являются зонами разгрузки). Выполненный на завершающей стадии работ подсчет площадей показал, что черноземы занимают 1651.3га, из них слабозасоленные – 286,8га, слабозасоленные лугово-черноземные почвы распространены на 415.7га, солонцы корковые выявлены на площади 87,5га. Таким образом, сравнения эти данные с результатами исследования 1984 года, можно утверждать, что в постирригационный период процессы почвообразования на территории ОС, зачастую разнонаправленные, вызвали дальнейшее усложнение и повышение контрастности структуры почвенного покрова изучаемого пространства. Вместе с тем нельзя не отметить и положительную динамику в свойствах и составе почв и других компонентов ландшафтов исследуемой территории – значительное снижение площади сильнозасоленных почв и рассоление средnezасоленных [3], понижение уровня грунтовых вод, восстановление на значительной части бывшей ОС естественной степной растительности.

Литература

1. Глазовская М.А. Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям. М.: Изд-во МГУ, 1997.100с.
2. Глазовская М.А. О геохимических принципах классификации природных ландшафтов. – В кн.: Геохимия степей и пустынь. Географгиз. 1962.С.6 – 52.
3. Русанова А.М., Шейн Е.В., Демченко Э.В. Физические свойства и амфифильные компоненты органического вещества в почвах Боровской оросительной системы в постирригационный период// Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. №5. С.99 – 105.

УДК 550.4:631.4 (476)

ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Л.Н. Рябова

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, e-mail: ryabova@nature.basnet.by

На территории Беларуси для части Гомельской, Могилевской и Брестской областей созданы эколого-геохимические карты, которые отражают условия накопления и ассоциации концентрирующихся элементов, степень загрязненности территории. Необходимость в создании таких карт обусловлена усилением техногенного воздействия на природную среду и, особенно, на поймы рек, являющиеся ландшафтно-геохимическими барьерами на пути миграции техногенных потоков. На картах выделены специфические контуры, в пределах каждого из которых территория может считаться условно однородной по геологической истории, характеру пород и почв, уровню хозяйственной освоенности. Детальные исследования позволяют выделять ландшафтно-геохимические системы в поймах, на делювиально-пролювиальных шлейфах, разграничивать места аккумуляции, транзита и выноса загрязнителей, связывать процессы загрязнения на водосборах с речной долиной. В своих построениях мы исходили из того, что теоретической и методической основой эколого-геохимической карты должно служить учение А.И. Перельмана [1], М.И. Глазовской [2] о ландшафтах и геохимических барьерах. В экспликации карт зафиксированы следующие моменты: геохимический ландшафт, отражающий условия миграции; тип геохимического ландшафта, включающего особенности водной миграции, рельефа, литологического состава почвообразующих и подстилающих пород; ландшафтно-геохимические фации [3], которые определяются режимом увлажнения. Показана роль органического вещества и кислотно-щелочных условий в миграционных процессах в почвах геохимических ландшафтов. В пределах исследованной территории выделены типы геохимических барьеров (механический, сорбционный, глеевый, биогеохимический и другие). В почвах геохимических ландшафтов и фаций определены ассоциации концентрирующихся элементов и их количественный показатель. Участки различной степени устойчивости к химическому загрязнению выделялись на основании суммарного коэффициента загрязнения. По предложенной схеме составления экспликации любой выдел и любая точка на карте может быть охарактеризована по 16 параметрам, включая ассоциации концентрирующихся элементов, уровень загрязнения ландшафта и его степень устойчивости к химическому загрязнению. На рисунке приведен фрагмент ландшафтно-геохимической карты, построенной для долины р. Днепр в 0,5 км южнее г. Рогачева. Участок расположен в междуречьи рек Друти и Днепра. Река дренирует флювиогляциальную равнину, в пределах которой встречаются острова моренных отложений сожского возраста. В этом месте р. Днепр имеет ширину 90-130 м, глубину 1,6-2,3 м, обрывистые берега высотой 2-4 м, извилистое, сильно меандрирующее русло. Пойма шириной от 1,5 до 4 км четко делится на прирусловую, центральную и притеррасную. Надпойменные террасы сложены песками и супесями. Основные фракции в гранулометрическом составе – это частицы размером 0,5-0,25 мм, которые составляют 12,4-46,0% и 0,25-0,1 мм – 7,1-63,0%. Пойменные отложения в большей степени представлены супесями и суглинками. К элювиальному ландшафту относится выровненная, местами бугристо-западинная терраса с абсолютными отметками 140-150 м, сложенная песками, подстилаемыми оглееными суглинками. Преобладают дерново-подзолистые песчаные почвы с содержанием $C_{орг}$ – 1,5-3,0%. Типы миграции: окислительный $[H^+]$ и периодически слабовосстановительный $[H^+ \leftrightarrow H^+ - Fe^{2+}]$. Уровень грунтовых вод залегает на глубине 3-5 м. Ландшафт относится к ландшафтно-геохимической фации с отсутствием связи почвенной влаги с грунтовыми водами. В почвах преобладает слабокислая среда ($pH_{ксл}$ 5,9-6,4). Основные геохимические барьеры – кислородный и сорбционный. Отмечаются вышефоновые

концентрации V и Pb, величина суммарного коэффициента загрязнения равняется 2,0, что позволяет отнести элювиальный ландшафт к категории ландшафтов устойчивых к химическому загрязнению. К трансэлювиальному ландшафту относится пологоволнистая I надпойменная терраса с днами и западинами, сложенная песками мощностью более 3 м. Содержание элементов в почвах находится в пределах или ниже фоновых концентраций. Ландшафт относится к категории устойчивых к химическому загрязнению. К супераквальному геохимическому ландшафту относятся приустьевая пойма с приустьевыми валами и понижениями, центральная пойма с понижениями, старицами и вторичными водотоками, центральная пойма с повышениями, притеррасная пойма с понижениями, староречьями и устьевые участки притоков. Уровень



Рис. 1. Ландшафтно-геохимическая карта долины р. Днепр в Рогачевском районе Гомельской области. Условные обозначения: Типы геохимических ландшафтов: 1 – элювиальный, 2 – трансэлювиальный, 3 – супераквальный, 3-1 – приустьевая равнина, 3-2 – центральная пойма с понижениями, 3-3 – центральная пойма с повышениями, 3-4 – притеррасная пойма, 3-5 – устьевые участки, 4 – субаквальный: 4-1 – действующее русло, 4-2 – старичные водоемы. Степень устойчивости: 1 – устойчивый, 2 – среднеустойчивый, 3 – слабоустойчивый, 4 – неустойчивый.

залегания грунтовых вод в пределах этого ландшафта колеблется от 0,5 до 2,0 м. Приустьевая пойма сложена аллювиальными песками, супесями, реже суглинками. Почвы - дерново-аллювиальные различной степени оглеенности. В них концентрируются $Cu > Ni > Pb$, величина суммарного коэффициента загрязнения – 1,6, что позволяет характеризовать ландшафт как устойчивый к химическому загрязнению. В почвах, развивающихся на супесях и суглинках, накапливаются $Cu > Mn > V > Ni > Pb, Cr$, величина суммарного коэффициента загрязнения 6,3 и ландшафт классифицируется как среднеустойчивый к химическому загрязнению. Центральная пойма сложена аллювиальными песками, супесью, суглинками, в понижениях – торф. Характерны периодически восстановительно-окислительный $[H^+ \leftrightarrow H^+ - Fe^{2+}]$, окислительный $[H^+]$ и глеевый $[H^+ - Fe^{2+}]$ типы миграции элементов. Преобладают почвы дерново-аллювиально-глеватые, торфяно-глеватые, с содержанием Сорг – 3,2-10,2%. Величина рНКСl колеблется в них от 4,6 до 6,5. Основные геохимические барьеры – биогеохимический, механический, сорбционный, кислородный, глеевый. В почвах, развивающихся на аллювиальных песках и супесях, в центральной пойме аккумулируются $Pb > Mn > Ni, Cr$, величина суммарного коэффициента загрязнения 5,8-7,6, что позволяет отнести ландшафт к категории среднеустойчивых к химическому загрязнению. В гумусовых горизонтах почв, развивающихся на суглинках и в торфяно-болотных почвах концентрируются $Cu > V > Mn, Cr > Ni, Pb$, величина суммарного коэффициента загрязнения колеблется в пределах 12,3-13,4, что позволяет характеризовать центральную пойму с такими почвами как ландшафт слабоустойчивый к химическому загрязнению. В притеррасной пойме доминируют торфяно-глеевые и дерново-глеевые почвы, в которых накапливаются $Cu > V > Pb, Cr$, величина суммарного коэффициента загрязнения 15,6, что характеризует притеррасную пойму как ландшафт неустойчивый

к химическому загрязнению. Для устьевых участков притоков р. Днепр свойственны окислительный и восстановительно-окислительный типы миграции элементов. Почвенный покров представлен разновидностями дерново-аллювиальных. В них концентрируются $V > Mn > Pb > Cu > Cr > Ni$, величина суммарного коэффициента загрязнения 11,9 и устьевые участки в пойме можно классифицировать как слабоустойчивые к химическому загрязнению. К субаквальному (подводный) ландшафту относятся донные осадки р. Днепр, или старичных и озерно-старичных водоемов. В песчаных и супесчаных донных отложениях реки и озер содержание Сорг составляет 0,5-2,0%, рНКС1 – 5,3-7,6. В них незначительно накапливаются $V > Pb > Cr$, величина суммарного коэффициента загрязнения – 1,9-3,0. Ландшафты относятся к категории устойчивых к химическому загрязнению. В донных илах стариц содержание Сорг достигает 6,0%, они отличаются кислыми условиями среды (рНКС1 4,7). В них концентрируются $V > Mn > Cu, Cr > Pb$, величина суммарного коэффициента загрязнения достигает значения 10,9 и ландшафт относится к категории слабоустойчивых к химическому загрязнению. Анализ эколого-геохимической обстановки в долине р. Днепр в Рогачевском районе Гомельской области показывает, что ситуация складывается неоднородная. Наиболее благоприятные экологические условия создаются на террасах, сложенных песчаными отложениями, а наиболее экологически опасная обстановка возникает в заболоченных притеррасных поймах. Эти участки долины являются наименее устойчивыми к химическому загрязнению и здесь накапливаются Cu , в 11,3 раз выше фоновых концентраций, V – в 3,3 раза и Pb, Cr в 2 раза выше фона.

Литература

1. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М. 1975. 345 с.
2. Глазковская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа. 1988. 324 с.
3. Собонович Э.В., Бондаренко Г.Н., Кононенко Л.В. Геохимия техногенных радионуклидов. Киев. 2002. 332 с.

УДК 631.47

ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ АКТУАЛЬНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ПАХОТНЫХ ПОЧВ

И.Ю. Савин

Почвенный институт имени В.В. Докучаева Россельхозакадемии, Москва, e-mail: savigory@gmail.com

Информация о потенциальной и актуальной продуктивности почв имеет большое значение для решения задач экономической и экологической оптимизации использования почвенных ресурсов [1].

Прямое определение актуальной продуктивности возможно путем оценки количества фитомассы, образующейся на конкретном участке в течение сезона вегетации. В настоящее время в качестве прямых методов определения продуктивности пахотных почв потенциально могут быть использованы такие как метод рекогносцировочных посевов, позиционные методы и дистанционные методы.

Наиболее простыми являются методы рекогносцировочных посевов, заимствованные из практики опытного дела, которые используются наряду с широким применением производственных полевых опытов [2]. В качестве рекогносцировочных культур используются растения, типичные по требованию к почвенно-климатическим условиям региона работ. Качество полевых работ, работ по уходу за растениями и особенно тщательность уборки урожая должны соответствовать высокому агротехническому уровню. Культуры подбираются также с учетом возможности применения механизированной уборки с большим количеством отдельно убираемых и отдельно учитываемых парцелл. В Нечерноземной зоне Российской Федерации для рекогносцировочных посевов чаще всего применяют скороспелые мешанки многолетних кормовых культур (вико-овсяная, горохово-овсяная смеси, яровые зерновые и некоторые другие культуры).

Преимуществом данных методов является их простота и отработанность методических подходов. В качестве недостатка можно отметить их трудоемкость, субъективность и значительные временные затраты при анализе больших территорий.

Позиционные методы, по сути, являются автоматизированным вариантом традиционных контактных методов. Автоматизируется процесс заложения точек опробования, а также аналитические работы. Таким образом, сокращается трудоемкость работ и повышается их скорость и объективность. К этим методам относятся подходы так называемого точного или прецизионного земледелия, попытки активного внедрения которых наблюдаются во многих странах Мира [3].

Недостатком методов является высокая стоимость оборудования для осуществления работ. Кроме того, точность позиционирования в большинстве случаев не гарантирует строгую фиксированность размещения точек опробования на поле при повторных опробованиях. Также как и для первой группы методов, основным недостатком является невозможность проведения анализа на больших территориях.

Дистанционные методы основываются на попытке определения фитомассы агроценозов бесконтактно, на основе анализа светоотражательных или светопогложительных свойств объектов (например, по данным аэро- или космической съемки). При пролете над заданным полем самолета или спутника установленная на нем аппаратура фиксирует отражательные свойства посевов и передает эту информацию на наземные приемные станции. Далее эта информация проходит предварительную обработку, подготовку к анализу, после чего тематически анализируется. В зависимости от технических характеристик установленной зондирующей аппаратуры дистанционная информация может быть получена с различным временным и пространственным разрешением. Причем для целей анализа состояния посевов наиболее перспективны данные наиболее высокого как временного, так и пространственного разрешения.

Дистанционные методы позволяют получать более точную и объективную информацию о состоянии посевов по сравнению с позиционными и полевыми обследованиями (контактными методами). Это обусловлено возможностями получения в автоматическом режиме (без участия человека) данных о состоянии и пространственном варьировании посевов внутри поля с точностью до метра. Более того, подобные данные могут быть получены на любой стадии сезона вегетации культуры и без непосредственного контакта с растениями. Их преимуществом является также более низкая затратность и возможность одновременного анализа полей на большой территории.

В качестве недостатков дистанционных методов можно упомянуть о влиянии облачности на возможность получения спутниковых данных. Но использование аэросъемки возможно и при наличии облачности. Кроме того, в настоящее время уже имеются спутниковые системы, которые осуществляют зондирование земной поверхности и при наличии облачности. Но пока еще их пространственное разрешение недостаточно велико, а методы оценки фитомассы по этим данным недостаточно разработаны.

Спектральная многозональность подобной съемки позволяет вычислять так называемые вегетационные индексы. В настоящее время их предложено уже достаточно много (NDVI, EVI, SAVI, PVI и др.), и среди них имеются индексы, которые достаточно хорошо коррелируют с количеством надземной фитомассы. Таким образом, подобные спутниковые данные теоретически позволяют не только оценивать микронеоднородности строения растительного покрова пахотных угодий, но и моделировать пространственное варьирование и общий уровень биомассы агроценозов, оценивая таким образом актуальную продуктивность пахотных почв.

Спутниковые данные в настоящий момент могут быть использованы в первую очередь для анализа актуальной продуктивности почв в разрезе отдельных регионов. При этом в качестве основного показателя актуальной продуктивности почв используется состояние посевов, которое индицируется по величине вегетационного индекса NDVI. Используется величина сезонного максимума вегетационного индекса для пахотных полей. Для получения оценки актуальной продуктивности почв отдельных регионов, величины сезонного максимума индекса агрегируются для всех полей региона для каждого сезона вегетации. В качестве региона анализа наиболее оптимально использовать хозяйство или административный район. В результате агрегации при получении интегральной оценки косвенно учитывается и специфика используемых севооборотов и региональные особенности агротехники возделывания культур.

Был проведен спутниковый анализ актуальной продуктивности почв Европейской части России на уровне административных районов. В качестве основной информации для проведения анализа использовались недельные композиты NDVI, полученные по данным MODIS за период с 2000 по 2010 годы [4]. Сезонные максимумы NDVI были осреднены для пахотных угодий в каждом административном районе. Далее было проведено ранжирование районов по величине осредненного сезонного максимума вегетационного индекса, а также был проведен анализ вариабельности величины осредненного сезонного максимума NDVI. Полученные результаты представлены на рис. 1. и 2. Полученные данные показывают, что средняя актуальная продуктивность пахотных почв региона максимальна в Нечерноземной зоне, что связано, по-видимому, со спецификой набора возделываемых культур. Наибольшие изменения актуальной продуктивности от года к году наблюдаются в Центрально-Черноземной зоне и на Северном Кавказе, где возделываются преимущественно зерновые культуры и их урожайность в большей степени зависит от метеорологических условий.

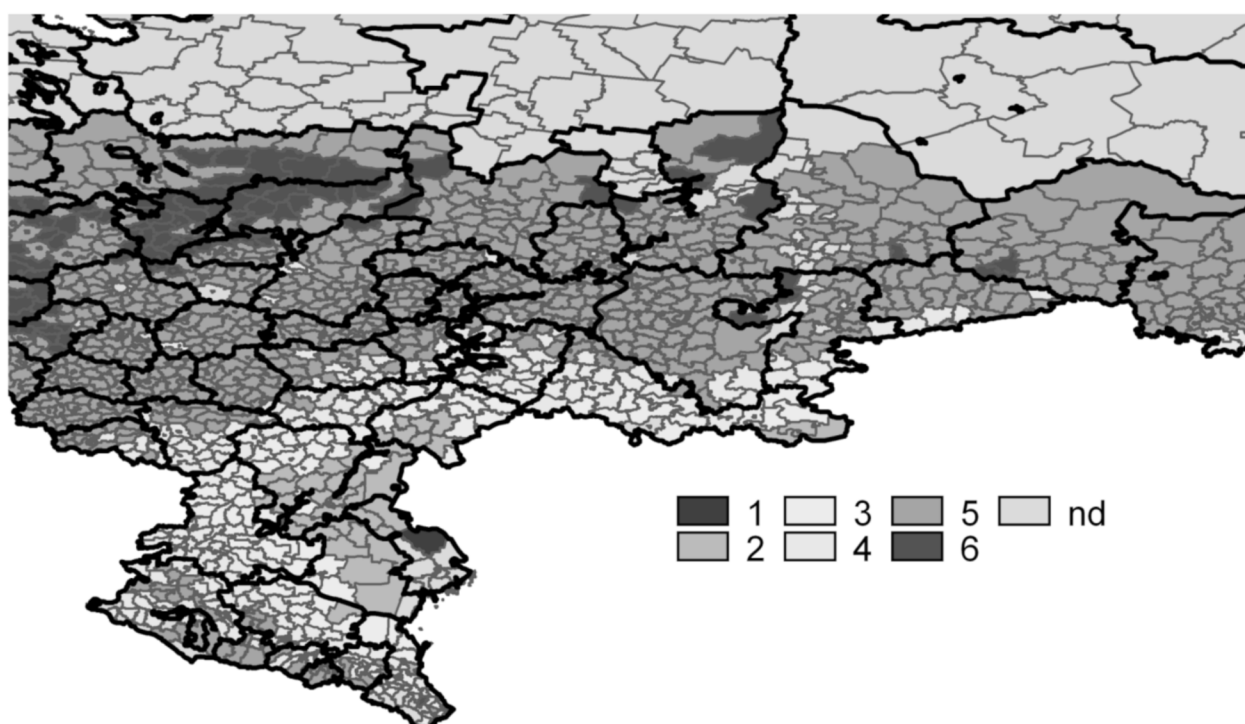


Рис. 1. Классы уровня актуальной продуктивности почв (от 1 – самый низкий до 6 – самый высокий)

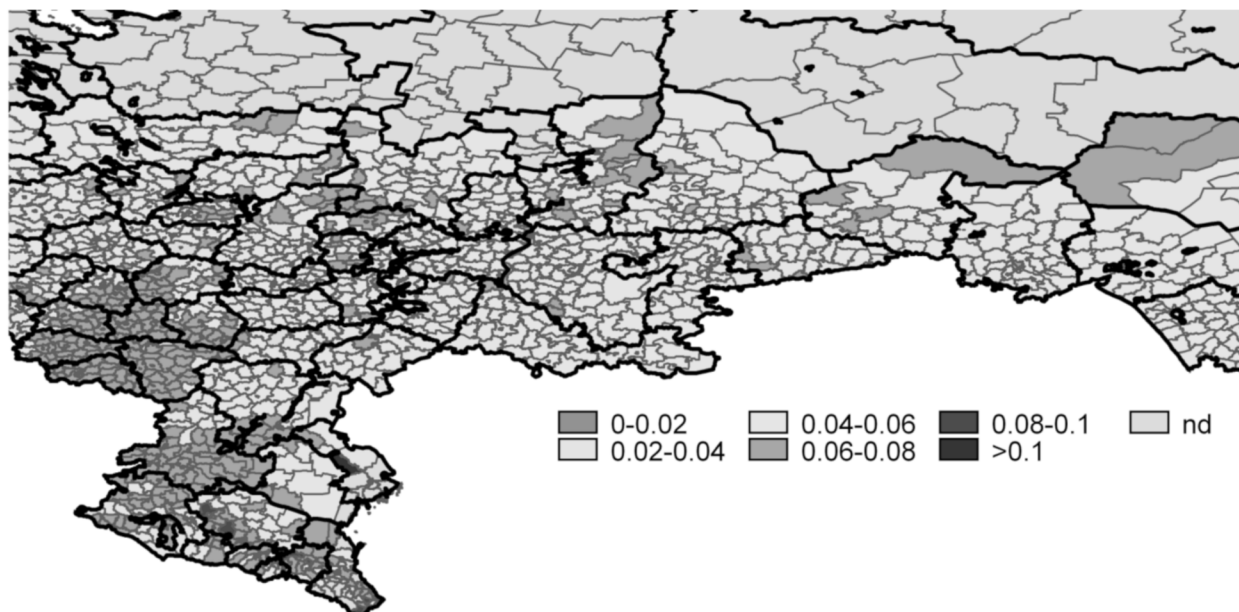


Рис.2. Временная вариабельность уровня актуальной продуктивности почв (стандартное отклонение)

Полученные данные позволяют получить объективную оценку актуальной продуктивности пахотных земель региона. Сопоставление полученных данных с оценками, получаемыми на основе анализа чисто почвенных данных, позволяет получить информацию о роли антропогенного фактора в варьировании актуальной продуктивности почв, о полноте использования почвенных ресурсов. Кроме того, полученные данные могут быть интерпретированы с точки зрения интенсивности круговорота основных химических элементов в почве.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (ГК 16.515.11.5062) и РФФИ (гранты 11-01-91159-ГФЕН_а и 11-04-01376-а).

Литература

1. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа. 1988. 324 с.
2. Доспехов Б.Э. Методика опытного дела (4-е изд.). М. Колос, 1979. 164 с.
3. Якушев В.П., Лыков А.М. К проблеме агрофизических основ систем земледелия нового поколения. Плодородие, 6, 2008. с. 18-26.
4. Лупян Е.А., Савин И.Ю., Баргалева С.А., Толпин В.А., Балашов И.В., Плотников Д.Е. Спутниковый сервис мониторинга состояния растительности («Вега»). Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2011. Т.8. № 1. С.190-198.

УДК 631.4

МЕТАМОРФОЗ ПЕДОСФЕРЫ ПОД ЧЕРНЕВЫМИ ЛЕСАМИ ПРИ СМЕНЕ СУБСТРАТНОЙ ПОРОДЫ В ПРОЦЕССЕ ПЕДОГЕНЕЗА

А.В. Салтыков

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, e-mail: saltykovav@yandex.ru

Современный облик педосферы зависит от многих факторов, основными из которых являются эволюционное развитие, климатические, геоморфологические и геологические условия, растительность, почвенная фауна и микрофлора. При этом климатические условия влияют на продолжительность и интенсивность процессов, субстратная порода является источником её минеральной составляющей, растительность и почвенные организмы – органической, а рельеф способствует внутрпочвенному перемещению поступивших веществ от источника к месту аккумуляции. Смена какого-либо из этих факторов обязательно приводит к ответным реакциям педосферы, как сложной открытой системы, в результате в ней происходят изменения морфологических, физических, физико-химических и химических характеристик её компонентов, т. е. метаморфоз.

Длительное развитие в относительно стабильных мягких гидротермических условиях, непрерываемых плейстоценовыми оледенениями, способствовало формированию очень мощного профиля с достаточно устойчивыми морфологическими, физическими, физико-химическими и химическими признаками.

Педосфера под черневыми лесами Западной Сибири развивается на четвертичных бурых бескарбонатных глинах и тяжёлых суглинках, перекрывающих остатки ископаемой коры выветривания третичного или мезозойского возраста. Для них характерно постоянство окраски, химического, гранулометрического и минералогического состава, физических и физико-химических свойств на всей территории их распространения. Средняя мощность бурых глин составляет 4-6 м, но на плоских водораздельных пространствах и пологих

склонах может достигать 20 м. Тем не менее, существуют участки, где в процессе педогенеза произошла полная деструкция бурых глин и современное развитие педосферы протекает на пролювиально-делювиальных (хлоритовые сланцы) и коренных (граниты) породах. Выявить какие при этом происходят изменения в почвенном профиле, возможно только в текстурном горизонте, т. к. здесь можно исключить влияние других факторов педогенеза (растительности и рельефа).

В результате многолетних исследований выяснилось, что текстурный горизонт под черневыми лесами, где произошла полная деструкция бурых бескарбонатных глин и дальнейшего развития протекает на гранитах, в 1,2-2,3 раза обеднен глинистым веществом. Остальные свойства почвенного мелкозема (кислотность, ёмкость поглощения, содержание гумусовых веществ и др.) существенно не изменяются.

В микроэлементном составе также происходит изменения, т. к. основным их источником является субстратная порода. Исходя из вышесказанного, можно сделать предположение, что текстурный горизонт на гранитах в процессе педогенеза будет обедняться керамофильными элементами, то есть элементами, поступающими в педосферу из глин, в частности, из бурых бескарбонатных глин.

Прежде чем перейти к сравнению микроэлементного состава текстурного горизонта на бурых бескарбонатных глинах и гранитах, сравним содержание микроэлементов в самих породах. По содержанию большинства из них эти породы имеют значительные различия. Бурые глины отличаются от гранитов повышенным содержанием почти всех микроэлементов, кроме свинца и ниобия, содержание которых в последнем больше.

Текстурный горизонт педосферы на бурых глинах и гранитах не имеют существенных различий по содержанию ниобия, никеля, меди и цинка, чего нельзя сказать об олове, свинце, кобальте и цирконии, содержание которых в текстурном горизонте на гранитах ниже. Несмотря на то, что граниты богаче бурых бескарбонатных глин по содержанию свинца и ниобия, обогащение педосферы этими элементами не происходит. Это подтверждает, что граниты не участвуют в формировании её микроэлементного состава. Содержание остальных микроэлементов в текстурном горизонте на гранитах намного больше, чем в самой породе, что также свидетельствует об их появлении в педосфере из бурых бескарбонатных глин.

Поскольку для естественных радионуклидов, как и для микроэлементов, субстратная порода является основным источником поступления в педосферу, то и в радионуклидном составе также произойдут изменения.

По содержанию естественных радионуклидов бурые глины несколько уступают гранитам, особенно это характерно для ^{40}K , содержание которого в последних почти в 2 раза больше. Содержание ^{40}K в текстурном горизонте на бурых бескарбонатных глинах аналогично его содержанию в этой породе. Интересным является то, что содержание этого радионуклида в текстурном горизонте на гранитах имеет такое же значение, что и в бурых глинах, и в 2 раза меньше, чем в самих гранитах. Последнее, также как и в случае с микроэлементами, доказывает отсутствие поступления ^{40}K из этой породы в педосферу.

Текстурный горизонт на бурых глинах отличается относительно низким содержанием ^{238}U , даже по сравнению с самими бурыми глинами. Обратная ситуация складывается для ^{232}Th , содержание которого в текстурном горизонте на бурых глинах намного выше, чем в самих бурых глинах (в 3,6 раз) и гранитах (в 2,9 раз).

В заключении можно сделать вывод, что педосфера под черневыми лесами является достаточно устойчивой (несмотря на то, что относится к открытым системам) по отношению к смене субстратной породы.

УДК 550.42

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ В РАЙОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ООО «БАЛАКОВСКИЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ»

А.Е. Самонов

ИГЕМ РАН, Москва, e-mail: aesam@igem.ru

Преимущественная переработка отечественных апатитовых концентратов (хибинских и ковдорских) и реже фосфоритов экстракционным серноокислотным способом (85%) обуславливает накопление объемных отходов производства фосфатных удобрений в виде фосфогипса – дигидрата или полугидрата ($\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), содержащего повышенные количества не извлеченных особо ценных и токсичных компонентов, таких как фтора, стронция, редкоземельных металлов (РЗМ) и других металлов, а также особо токсичных – урана и тория. Объемы современного ежегодного накопления фосфогипса в России составляют 11-12 млн. т, (в советское время – около 30 млн. т). К 2012 году накопленного фосфогипса только на действующих предприятиях Химпрома в нашей стране достигают более 250 млн. т.

В предлагаемом докладе рассмотрена экологическая обстановка, сложившаяся вокруг ООО «Балаковские минеральные удобрения» (БМУ) в Саратовском Заволжье за 33-летний период его работы. За этот срок на территории промплощадки БМУ накоплено более 45 млн. т фосфогипса и около 3-5 млн. т пиритных огарков – отходов сопутствующего серноокислотного производства. Важной особенностью БМУ является то, что предприятие работало только на одном хибинском апатитовом сырье с однородным составом загрязняющих среду компонентов.

На БМУ хранилища фосфогипса и пиритных огарков (частично рекультивируемых) являются опасным источником загрязнения воздуха, почв и водных экосистем, включая подземные источники водоснабжения всем комплексом ингредиентов-токсикантов. Фосфогипс является промышленным отходом IV класса токсичности. Тем не менее, необходимо изменить отношение, в первую очередь, к фосфогипсу – ни как к вредному, постоянно накапливающему (до 2, 67 млн. т ежегодно) отходу химического производства, а как к ценному техногенному минеральному сырью, имеющему большой инновационный потенциал не только для

БМУ, но и всего волжского региона [1].

В фосфогипсе БМУ содержится комплекс ингредиентов-токсикантов: фосфор – 1,2-1,6%, фтор – 0,3-0,6%, стронций – 1,1-1,6%, редкоземельные элементы – 0,4-0,7%, торий, уран и др.), Пиритные огарки обогащены мышьяком и группой тяжелых металлов (свинцом, цинком, медью, никелем, кобальтом, барием, ванадием, железом и марганцем). Радиус негативного воздействия на окружающую среду этих хранилищ с ежегодно увеличивающимися запасами фосфогипса оценивается в настоящее время в 10-15 км.

Хемогенное промышленное загрязнение почв промзоны (1,5-км) БМУ характеризуется суммарным коэффициентом загрязнения, который составил $Z_c = 161$ по валовому содержанию 19 элементов-загрязнителей, что считается очень высоким или чрезвычайно опасным для почвенной биоты и человека (по классификации Ю.Е. Саета). Исследования 15-км зоны влияния БМУ показали, что этот показатель в удаленных зонах гораздо ниже: от $Z_c = 48$ (сильное загрязнение) в 5-км зоне до $Z_c = 47$ в 10-км зоне (умеренное загрязнение) и до $Z_c = 31$ (слабого) в 15-км зоне. Ослабление суммарного загрязнения по валовому содержанию элементов не отвечает истинной картине опасности химического загрязнения выделенных зон удаления. Для этого было организовано изучение состава и количества подвижных (легкорастворимые и труднорастворимые) форм элементов-загрязнителей.

В водных вытяжках, характеризующих легкорастворимые формы элементов почв, уровень их содержания составляет 0,12-11% от валового количества. В то же время, концентрация легкорастворенных форм элементов-загрязнителей превышают ПДК (питьевых и рыбохозяйственных вод) - в 5-км зоне максимальные значения составляют: для меди превышение в 460 раз; никеля – 87; железа – 47; стронция – 32; иттрия – 30; мышьяка – 17 и кобальта в 4 раза. Суммарное превышение ПДК только по 7 элементам из 19 составило в 645 раз, что в 14 больше Z_c в 5-км зоне по валовому содержанию 19-ти элементов-загрязнителей. Все это указывает на истинную активность миграции элементов в ландшафте и опасность химического загрязнения в зоне влияния БМУ. Содержание же исследуемых элементов-загрязнителей в кислотных вытяжках в 5-12 раз выше, чем в водных вытяжках, и это также указывает в целом на высокую степень потенциальной техногенной нагрузки загрязняющих компонентов БМУ на окружающую среду. Установлено также высокое содержание подвижных форм фтора в почвах всей 15-км зоны влияния БМУ. Фтор, как наиболее летучий элемент из всех изученных загрязняющих компонентов, что обуславливает его трехкратное превышение ПДК (в растворенной форме) даже на фоновом участке, удаленном более чем на 20 км от БМУ. В 5-км зоне выявлены аномалии фтора превышающие 25-30 кратные ПДК. Вероятно, следует ожидать так же высокую степень загрязненности почв зоны наблюдения серой и фосфором. Очевидно, что совместное нахождение в почвах техногенных ландшафтов растворимых форм тяжелых и редких токсичных металлов, фтора, фосфора и серы будут обуславливать синергетический эффект опасного и долговременного загрязнения окружающей среды в целом, ее отдельных компонентов и, особенно, поверхностных и подземных вод.

Проведенные нами исследования показывают необходимость принятия скорейших мер по организации утилизации в первую очередь текущего (2,67 млн. т в год), а в дальнейшем и лежалого в отвалах (45 млн. т) фосфогипса на БМУ. Дальнейшее наращивание запасов фосфогипса в отвалах уже через 5 лет даст увеличение химического загрязнения почв вокруг БМУ как минимум в 1,5 раза по уровню загрязнения и увеличения зоны влияния до 20-25 км. Оптимистический вариант только один – скорейшая утилизация текущего фосфогипса и последующая комплексная переработка накопленного в отвалах фосфогипса с реальными темпами переработки не менее 2-3 млн. т в год. В заключение следует отметить, что негативные медико-экологические и социальные последствия химического загрязнения города Балаково и его окрестностей, где проживает 240 тыс. человек, давно вызывают повышенную обеспокоенность местной и региональной общественности [2].

Литература

1. Самонов А.Е. Оценка воздействия отходов переработки апатитов на окружающую среду. // Безопасность в техносфере. 2009. №6. С. 3-9.
2. Самонов А.Е., Мелентьев Г.Б. Четыре аспекта накопления фосфогипса. // Химия и бизнес. 2009. №7-8. С. 49-53.

УДК 546.65(440.318)

СОДЕРЖАНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЬ ПОЧВЕ СМОЛЕНСКО-МОСКОВСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

О.А. Самонова

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: oasamonova@mail.ru

Геохимии редкоземельных элементов (РЗЭ) в магматических, метаморфических и осадочных процессах посвящено большое количество исследований; их участие в почвенных и ландшафтно-геохимических процессах изучено менее детально. Особый интерес представляет анализ содержания и распределения РЗЭ в почвах фоновых территорий, где их поступление связано только с глобальными аэральными потоками.

Одним из ведущих факторов, определяющих дифференциацию содержаний химических элементов по генетическим горизонтам почвенного профиля, является гранулометрический состав последних. Литогеохимическое своеобразие почвообразующих пород обуславливает исходные различия в уровнях концентрации элементов; в процессе выветривания и почвообразования происходит их дальнейшая дифференциация. Роль илистой фракции в перераспределении многих химических элементов и их соединений по профилю дерново-подзолистых почв подробно проанализирована в литературе. Илистая фракция характеризуется максимальным количеством

дисперсного гумуса, гидроксидов железа, алюминия, иногда марганца, емкостью поглощения (особенно в горизонте BC), гигроскопичностью, набухаемостью; играет основную роль в образовании первичных агрегатов почв, обнаруживает наиболее четкую внутривертикальную дифференциацию по минералогическому составу. Информация о распределении элементов, связанных с илистой фракцией в подзолистых почвах, а также тесная связь с ней некоторых лантанидов – La, Ce [1], позволяет предположить ее особую роль в дифференциации содержания элементов рассматриваемой группы по генетическим горизонтам почвы.

Изучено содержание и распределение La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu (лантаниды) в общей почвенной массе и илистой фракции генетических горизонтов дерново-среднеподзолистой контактно-глеевой почвы, развивающейся на покровных суглинках, в автономных условиях возвышенного участка междуречья, в бассейне среднего течения р. Протва (Смоленско-Московская физико-географическая провинция) под елово-березовым папоротниково-разнотравным сообществом. Общие физико-химические свойства почвы: гумус по Тюрину, $pH_{\text{водн}}$, гранулометрический состав (выделение илистой фракции) проанализированы в лаборатории географического факультета МГУ; содержание РЗЭ определено нейтронно-активационным методом (точность анализа $\pm 5\%$) в геолого-геохимической экспедиции г. Бронницы. Оценка радиальной (по генетическим горизонтам почв) дифференциации элементов проведена с помощью одноименного коэффициента (R), рассчитанного как отношение содержания элемента в исследуемом горизонте к его содержанию в почвообразующей породе; коэффициент рассчитан для содержания элементов в почвенной массе и в илистой фракции.

По особенностям электронного строения лантаниды делят на две подгруппы [1]. Рассматриваемые в данной работе La, Ce, Sm, Eu, относятся к цериевой подгруппе (легкие лантаниды), а Tb, Yb, Lu – к иттриевой (тяжелые лантаниды). Содержание этих элементов в почвенной массе находится в интервалах, приводимых в литературных источниках для лесных суглинистых почв [1, 2, 3, 4]. Отношение Ce/La, часто анализируемое в литературе [1], изменяется от 1,7 в почвообразующих покровных суглинках до 2,1 – в гумусовом горизонте почвы, что практически не отличается от ранее полученных результатов для подзолистых почв Уральского региона [5].

Почвообразовательные процессы обуславливают перераспределение лантанидов по генетическим горизонтам почв, контрастность которого определяется геохимическими свойствами отдельных элементов и степенью их участия в этих процессах (табл.1). Анализ радиальной дифференциации элементов в общей почвенной массе показал отсутствие накопления в почвенном профиле La, Sm, Eu, Tb – их содержание в генетических горизонтах ниже, чем в почвообразующей породе (R изменяется в интервале 0,7-0,9), у Ce, Yb и Lu не наблюдается рассеяния в гумусовом горизонте: R достигает 1, что может свидетельствовать об их слабом участии в биогенно-аккумулятивном процессе. Равномерное распределение по генетическим горизонтам без изменения по всему профилю характерно для Lu, снижение содержания в почвенных горизонтах (R=0,8-0,9) выявлено у La, Sm, Yb. В элювиальном процессе слабо участвуют Ce, Eu, Tb, а в иллювиальном – лишь Ce.

Таблица 1

Физико-химические параметры и содержание редкоземельных элементов (мг/кг), железа (%) в генетических горизонтах дерново-среднеподзолистой контактно-глеевой почвы. Содержание элементов в почвенной массе – 1, в илистой фракции – 2.

Генетический горизонт Параметры	A1	A1A2	A2	A2B	B1	B2	BCg	Cg	
Глубина, см	2-13	14-23	24-42	43-50	50-76	77-110	111-140	141-150	
$pH_{\text{водн}}$	5,3	5,2	5,4	5,2	5,2	5,2	5,3	5,3	
Гумус, %	1,16	0,44	0,17	0,21	-	-	-	-	
Гранулометрические фракции, мм в %	<0.001	11,33	7,65	6,45	17,85	27,36	24,10	26,21	27,50
	<0.01	37,24	35,03	28,22	37,32	48,19	44,11	49,56	50,07
	>0.01	62,76	64,97	71,78	62,68	51,81	55,89	50,44	49,93
Fe	1	2,1	1,9	1,5	3,1	2,3	3,0	3,7	3,6
	2	4,5	4,7	3,8	4,4	3,3	6,0	6,7	6,7
La	1	31	31	34	33	32	35	36	37
	2	46	48	47	43	40	51	59	60
Ce	1	64	69	56	53	66	81	61	64
	2	97	90	89	87	84	103	100	100
Sm	1	5,2	5,1	5,8	5,3	6,2	7,0	5,7	7,7
	2	7,1	7,4	6,5	6,2	6,2	8,4	9,8	10
Eu	1	0,98	1	0,79	0,99	1	0,98	1,1	1,2
	2	1	1,2	1	0,95	1,1	1,3	1,5	1,9
Tb	1	0,86	0,86	0,81	0,87	0,91	0,85	0,83	1,2
	2	1,1	1,2	1,1	0,92	1,1	1,4	1,4	1,4
Yb	1	3,5	2,8	3,2	3,1	3,0	3,3	3,3	3,6
	2	3,0	3,4	3,6	3,2	4,4	3,6	4,4	5,0
Lu	1	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5
	2	0,47	0,59	0,51	0,54	0,71	0,63	0,71	0,83

«-» – не определено

Содержание большинства лантанидов в илстой фракции выше, чем в общей почвенной массе, однако это превышение зависит от рассматриваемого элемента и изменяется по генетическим горизонтам. По степени концентрации в илстой фракции почвообразующей породы элементы образуют следующий ряд: Lu (1,7)¹>La, Ce, Eu (1,6)>Yb (1,4)>Sm (1,3)>Tb (1,2). В гумусовом горизонте соответствующий ряд выглядит иначе: Ce (1,5)>La, Sm (1,4)>Tb (1,3)>Eu (1,0)>Lu, Yb(0,9). Таким образом, для Yb, Lu и Eu не характерна концентрация в илстой фракции гумусового горизонта, что косвенно подтверждает их участие в биологическом круговороте лишь на уровне тенденции. Радиальная дифференциация элементов в илстой фракции генетических горизонтов выглядит следующим образом: у Ce наблюдается одинаковое содержание в почвообразующей породе и гумусовом горизонте при слабом снижении концентраций в других генетических горизонтах: тип его распределения аналогичен таковому в общей массе почвы. Lu в данном случае присоединяется к La, Sm, Eu, Tb, Yb, которые характеризуются снижением содержания в почвенном профиле по сравнению с почвообразующей породой. Минимальные содержания в горизонтах A1 и A2 характерны для Eu (R=0,5), Lu (0,6), Yb (0,6 – только в гор. A1). Таким образом, илстая фракция в гумусовом горизонте беднее этими элементами, чем в почвообразующей породе, что совпадает с типом распределения в почвенной массе, но отличается по степени дифференциации. Это указывает на более тесную связь элементов с илстой фракцией в почвообразующей породе, вероятно, с глинистыми минералами, формирующимися в процессе внутрпочвенного выветривания. Характер распределения элементов в илстой фракции позволяет говорить о слабом участии в элювиально-иллювиальном процессе Sm, Eu, Lu. Итак, отчетливо проявляется равномерная аккумуляция лантанидов в нижней части почвенного профиля, которую можно объяснить слабым участием в почвообразовательных процессах, связанных с илстой фракцией, и в сорбционных процессах, обусловленных биогенной аккумуляцией.

Анализ коэффициентов парной корреляции выявил тесную положительную связь между содержаниями Fe, La, Sm, Eu (в почвенной массе) и содержанием илстой фракции. Fe (в почвенной массе) также образует устойчивые пары с La и Eu (в почвенной массе) и Sm, Lu, Fe (в илстой фракции). Наиболее тесно связаны концентрации Fe и Eu, как в почвенной массе, так и в илстой фракции, что объясняется переменной валентностью этих элементов и зависимостью от окислительно-восстановительных условий. Выявленные связи подтверждают возможность участия Eu, Sm, в меньшей степени Lu, в подзолистом процессе. Положительная корреляция между элементами в почвенной массе характерна лишь для пары Yb – Lu, которые относятся к группе тяжелых лантанидов, для других элементов такие связи не выявлены. В илстой фракции обнаружена тесная положительная корреляция между всеми элементами, и каждого из них – с Fe (кроме Yb и Lu), вероятно это объясняется совместным нахождением в составе глинистых минералов [4].

Литература

1. Кабата-Пендиас А, Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439с.
2. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: Изд-во АН СССР. 1957. 237с.
3. Петрухин В.А. Фоновое загрязнение тяжелыми металлами природных сред в бассейне Верхней Волги//Мониторинг фонового загрязнения природных сред. Вып.1. Л.: Гидрометеоздат. 1982. С.147-165.
4. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов. Кн.6. Редкие f-элементы. М.: Экология, 1997. 606 с.
5. Водяницкий Ю.Н., Горячкин С.В., Савичев А.Т. Распределение редкоземельных (Y, La, Ce) и других тяжелых металлов в профиле почв подзолистого ряда//Почвоведение. 2011 № 5. С.546-555.

УДК 631.4

ПОСЛЕДСТВИЯ ПОЖАРОВ В ТРАВЯНИСТЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

Д.В. Сапронов

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения Российской академии наук, Пушкино, e-mail: disa20@aport.ru

В последнее десятилетие травяные пожары (палы) приобрели в России характер общенационального бедствия. Они случаются чаще, чем лесные пожары, охватывают большие площади и распространяются во много раз быстрее. Данных официальной статистики по количеству и масштабам травяных пожаров, к сожалению, не существует. В некоторых регионах палы происходят дважды в год: весной после схода снежного покрова и летом после иссушения растительности. Практически все травяные палы происходят по вине человека, по естественным причинам они происходят крайне редко.

Травяные пожары - причина возникновения большинства лесных и торфяных пожаров, а также пожаров в населенных пунктах. Они наносят существенный ущерб биологическому разнообразию экосистем, снижают уровень почвенного плодородия. Дым очень вреден для здоровья и может вызывать целый спектр различных заболеваний. Травяные пожары являются одним из важнейших источников углекислого газа и сажи, выбрасываемых в атмосферу в результате сгорания растительных остатков. Целью нашего исследования было оценить влияние пожаров на травянистые экосистемы.

Исследования проводились на серой лесной почве, под лугом и разновозрастными залежами на территории бывшей Опытной полевой станции Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН г. Пушкино Московской обл. Измерения температуры приземного слоя воздуха (1-1,5 м)

¹ В скобках – отношение содержания элемента в илстой фракции к его содержанию в общей почвенной массе.

и температуру почвы (на глубине 1 и 5 см) проводили с помощью электронного термометра и термохрон. Влажность почвы определяли весовым методом в верхних 5 см. Учёт биомассы, сгорающей во время весенних палов, проводили после схода снежного покрова методом укоса на площадке 0,25 м². Количество углерода, которое потенциально может быть выделено при сжигании растительных остатков, было рассчитано математически с учётом количества перезимовавшей биомассы. В расчётах использовали среднее по годам значение биомассы для лугового ценоза и среднее по залежам всех возрастов. Содержание углерода в растительной массе принимали равным 42 %. Продуктивность ценоза определяли по максимальной биомассе методом укосов на площадке 0,25 м². Скорость выделения CO₂ из почвы изучали с помощью камерного статического метода. Содержание NH₄ определяли фенольным методом в модификации Кудеярова. Оценка микробной биомассы проводилась методом субстрат-индуцированного дыхания.

Пожар изменяет гидротермический режим верхнего слоя почвы. Среднее за период исследования значение температуры почвы на горелом участке на 1,6°C было выше, чем на негорелом. В отдельные сроки горелый участок прогревался на 6°C сильнее негорелого участка. Непосредственно при пожаре прогрев почвы на глубине 1 см составляет всего 2°C. И по своему эффекту не может сравниться с лесным пожаром, при котором верхние горизонты почвыгреваются на десятки и сотни градусов.

Содержание почвенной влаги на обоих участках в среднем за исследуемый период составило около 21% ПВ. Влажность негорелого участка была несколько выше, и различие наблюдалось в первой половине вегетации. Это связано с наличием негоревшей подстилки.

Оценка максимальной надземной биомассы показала, что на горелом участке количество отмершей биомассы почти в 2,5 раза меньше, чем на негорелом. Что является вполне закономерным явлением, поскольку часть запасов мортмассы сгорает при пожаре. Различие живой биомассы составило 1,2 раза (18%). Вероятно, во время пожара происходит повреждение верхних частей растений, точек роста, что приводит к задержке их развития.

На основе запасов отмершей биомассы было получено, что при палах на лугах или залежах с одного квадратного метра может высвобождаться от 100 до 350 г С-CO₂. При этом нужно принимать во внимание, что палы приводят к практически мгновенному выбросу значительных количеств углекислого газа в атмосферу. Для сравнения, количество CO₂, выделяющееся при дыхании исследуемых луговых экосистем составляет 400-800 г С-CO₂/м² в год. При сгорании подстилки азот, накопленный в растительной биомассе, также высвобождается в атмосферу в количестве 4-10 г/м², становясь для большинства растений недоступным.

Дыхание почвы снижалось после пожара на горелом участке в течение первых часов. Разница в дыхании горелого и негорелого участков наблюдалась примерно до середины лета, когда на обоих участках формировался максимальный травостой. Суммарный поток CO₂ на горелом участке был ниже на 11%.

Содержание аммонийного азота в верхних двух сантиметрах почвы было выше на участке подвергнутому пожару. Повышенное содержание NH₄, как и других показателей, наблюдалось до середины лета.

До середины лета микробная биомасса негорелого участка была выше, но различия были недостоверными. Вероятно, это связано с повреждением и развитием растений. Значения микробной биомассы на обоих участках изменялись от 1,1 до 2,1 мг С/г почвы, а в среднем составляли 1,57 мг С/г.

Проведённое исследование показывает, что палы влияют на травянистые экосистемы. Основное влияние проявляется в первой половине вегетации. Палы сухой травы снижают дыхательную активность почвы на 11%, способствуют уменьшению запасов почвенной влаги и увеличению температуры поверхностного слоя почвы. При пожаре повреждаются точки роста растений, что ведёт к замедлению их развития, снижению биомассы и к уменьшению поступления органического вещества в почву. Пожар способствует потере элементов питания, таких как азот.

Важное влияние палы оказывают на баланс и круговорот углерода в экосистеме. Растительная биомасса, накапливающаяся на поверхности почвы в травянистых экосистемах, является резервуаром углерода. Сгорание подстилки приводит к практически мгновенному выбросу значительных количеств углерода в виде CO₂ и сажи, объёмы которых до настоящего времени не оценены. Для расчётов углеродного баланса экосистемы нужно учитывать, что в результате пожара сокращается количество органического вещества поступающего ежегодно в почву. Т.е. в приходной части нужно учитывать лишь подземную биомассу и не более 10% от надземной. Основную трудность в расчётах количества углерода возгоняемого в атмосферу представляют достоверная оценка в различных регионах страны массы сгоревшей ветоши и площадей, пройденных огнём травяных пожаров.

УДК 631.41

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ПО ПРОФИЛЯМ СОВРЕМЕННЫХ И ПОГРЕБЕННЫХ ПОЧВ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (НА ПРИМЕРЕ ПОСЕЛЕНИЯ МЕРГЕНЬ 6)*

Л.Р. Сафарова, А.С. Якимов

Институт криосферы Земли СО РАН, Тюмень, e-mail: luizasaf@mail.ru, Yakimov_Artem@mail.ru

Геохимическое изучение почвы культурных слоёв на археологических памятниках является неотъемлемой частью их современного комплексного анализа наряду с физико-химическими, микробиологическими, геофизическими и другими исследованиями. Химический состав почв, почвогрунтов, культурных слоёв позволяет получить информацию о характере изменений, которым они подвергались под воздействием тех или иных естественных и антропогенных факторов. В ряде случаев по отдельным химическим элементам (например, изотопам) можно выявить скрытые закономерности, происходившие в почвах [1]. Геохимические

исследования проводятся на археологических памятниках с 50-х гг. XX века [2]. К настоящему времени получены данные о характере внутрпочвенной и площадной миграции и аккумуляции отдельных химических элементов, что позволяет устанавливать точные границы археологических памятников (в частности городищ и поселений) [3], выявлять особенности хозяйственной деятельности древних коллективов [4], реконструировать их пищевой рацион [5]. В тоже время следует отметить территориальную неоднородность по степени изученности геохимического состояния археологических памятников. Одним из слабо изученных районов в этом отношении является территория Западной Сибири, где сосредоточено большое количество археологических памятников, охватывающих исторический период, начиная с эпохи палеолита.

Одним из таких объектов является поселение Мергень 6, открытое в 1990 году [6]. Поселение является многослойным и охватывает различные периоды эпох неолита, энеолита, бронзового века. Оно расположено в Ишимском районе Тюменской области в 4 км к юго-западу от г. Ишима. Памятник расположен на северо-восточном берегу озера Мергень, на мысовидном участке озерной террасы высотой 1,5 м, на правом берегу реки Мергеньки. Поселение приурочено к высокой пойме озера Мергень. В целом район исследования относится к лесостепной природной зоне Западной Сибири с характерными ландшафтами из небольших березово-осиновых лесов и разнообразных лугов. Необходимо отметить, что пойменные ландшафты характеризуются высокой скоростью почвообразовательного процесса, поэтому погребённые почвы и культурные слои к настоящему времени претерпели вторичное почвообразование и трансформировались в луговые почвы с включением археологического материала (в том числе уникальных по сохранности неолитических изделий из кости) [7].

При проведении полевых исследований было заложено два почвенных разреза – на поселении и в его окрестностях для проведения сравнительного анализа. Следует отметить, что на поселении был изучен культурный слой, относящийся к красноозёрской культуре переходного времени от бронзового к раннежелезному векам, и датированный X-IX вв. до н.э. Из каждого генетического горизонта были отобраны образцы на химический анализ. Основу этого анализа составляла рентгенфлуоресцентная спектроскопия с применением спектрометра «Спектроскан МАКС – GV», с последующей интерпретацией данных**.

В результате были получены и проанализированы данные по 8 элементам: Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , CaO , MgO , P_2O_5 , MnO , TiO_2 . В современной почве наибольшие концентрации элементов отмечаются в иллювиальном горизонте (гор.В) и гумусово-иллювиальном горизонте (АВ).

В тоже время на поселении максимальные концентрации элементов фиксируются в гор.АВ и гумусовом горизонте (гор.А1). Особое внимание было уделено биофильному элементу (P_2O_5) и биогенному элементу (CaO), которые в данных ландшафтах являются индикаторами хозяйственной деятельности населения. Так, в почве археологического памятника максимальное содержание фосфора составляло 2%, тогда как в современной почве не превышало 1,5%. Распределение кальция по профилям имеет более сложный характер. Так, в современной почве максимум содержания (8,5%) отмечен в гор.АВ, но в тоже время в остальных горизонтах не превышает 6%; на поселении в верхней части профиля содержание кальция составляло 8%, а в нижней части профиля 6-7%. Остальные элементы распределены равномерно по профилям изучаемых почв. В тоже время у Al_2O_3 , Fe_2O_3 отмечается незначительное увеличение концентрации в нижней части профиля.

Близкое залегание грунтовых вод (около 2 м), периодическое затопление тальми водами способствует активной миграции элементов по профилям почв. Причём она может быть нисходящей и восходящей. На последнюю указывает выпадение солей в гор. АВ при подсыхании почвенного профиля на памятнике. Известно, что фосфор является устойчивым к внутрпочвенным перемещениям элементом [8], возможно кальций также является относительно устойчивым в данных природных условиях. Таким образом, с определённой осторожностью возможно использование этих элементов для уточнения стратиграфии археологического памятника и реконструкции особенностей хозяйственной деятельности населения переходного времени. Предварительный анализ позволяет предположить, что культурный слой этого периода располагался в границах горизонтов А1 и АВ. В тоже время на это указывают включения артефактов (керамика, кости животных) в этих горизонтах. Высокие содержания фосфора могут свидетельствовать о преобладании скотоводства в хозяйственной деятельности населения, причём скот содержался в пределах поселения. Это хорошо согласуется с представлениями археологов о хозяйственном укладе полусёдлых племён бронзового и переходного времени на территории лесостепей Западной Сибири.

Работа выполнена по программе Президиума РАН № 28, грант 2.29. «Комплекс памятников оз. Мергень как уникальный источник по древней истории Нижнего Приишимья»; программе Президиума РАН №16.9. «Эволюция природных факторов опустынивания в позднем кайнозое Северной и Центральной Азии по материалам изучения субэаральных образований»; гранту Лаврентьевского конкурса молодежных проектов СО РАН «Изменение климата в лесостепной полосе Западной Сибири и его влияние на цикличность систем землепользования древнего населения за последние 4000 лет».

Рентгенфлуоресцентная спектроскопия выполнена в лаборатории геохимии и минералогии почв Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пушкино

Литература

1. Рысков Я.Г., Дёмкин В.А. Развитие почв и природной среды степей Южного Урала в голоцене (опыт реконструкции с использованием методов геохимии стабильных изотопов). Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1997. – 168с.
2. Веллесте Л. Анализ фосфатных соединений почвы для установления мест древних поселений. / Краткие сообщения Института истории материальной культуры АН СССР. 1952. №42. С. 135-140.

3. Гольева А.А. Валовый фосфор как индикатор хозяйственной деятельности древних и средневековых обществ. Роль естественно-научных методов в археологических исследованиях: Сборник научных трудов / отв.ред. Ю.В. Кирюшин, А.А. Тишкин. – Барнаул: Изд-во Алт.ун-та, 2009. С. 56-59.
4. Андерсон Д. Дж., Харинский А.В., Стерхова И. В., Шпейзер Г. М. Возможности фосфатного метода при определении структуры животноводческих поселений // Известия Лаборатории древних технологий: сб. науч. тр. / отв. ред. А. В. Харинский, Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2009. Вып.7. С.24-38.
5. Демкин В. А. Палеопочвоведение и археология: интеграция в изучении истории природы и общества. Пушино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1997, 213 с.
6. Матвеев А.В., Зах В.А., Ларин С.И., Дрябина Л.А., Матвеева Н.П. Доисторические культуры и палеогеография Мергеньского археологического микрорайона. / Археологические микрорайоны Западной Сибири. Омск, 1997. С. 76-115;
7. Зах В.А., Скочина С.Н. Неолитический комплекс поселения Мергень 6 (по итогам работ 2002г.). / Проблемы Взаимодействия человека и природной среды: Материалы итоговой сессии Ученого совета ИПОС СО РАН 2002. Вып.4. Тюмень.2003. С.12-17
8. Перельман А. И. Геохимия ландшафта. 2-ое изд. учеб. пособие для студентов географ. И геологич. Специальностей ун-тов. М.: Высшая школа, 1975, 342с.

УДК 631.47

ЛАНДШАФТНО- И ПОЧВЕННО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЛАНДШАФТНОМ ПЛАНИРОВАНИИ

***Ю.М. Семенов (1), Л.Н. Семенова (1), Л.В. Данько (1), Н.А. Кочеева (2), А.В. Шитов (2),
Н.Н. Лазарева (3), А.С. Адамова (4)***

(1) Институт географии имени В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, e-mail: semenov@irigs.irk.ru; (2) Горно-Алтайский государственный университет, Горно-Алтайск, e-mail: nina_kocheeva@mail.ru; (3) Балтийский федеральный университет имени И. Канта, e-mail: lazareva.rgu@mail.ru; (4) Ассоциация сохранения биоразнообразия Казахстана, Астана, e-mail: aidana.adamova@acbk.kz

Для выбора путей устойчивого регионального развития необходимы корректная оценка природно-ресурсного потенциала, экологических и социально-экономических условий территории с последующим определением возможных вариантов оптимизации землепользования и комплекса мероприятий по их реализации. В качестве инструментария планирования этого развития могут служить методические приемы ландшафтного планирования (ЛП) [1].

В докладе представлены результаты ландшафтно- и почвенно-геохимических исследований авторов в рамках проектов по ЛП при создании рамочных ландшафтных планов Слюдянского и южной части Иркутского районов, крупномасштабных ландшафтных планов модельных участков территории перспективного рекреационного освоения на о. Ольхон и на берегу зал. Куркут оз. Байкал, территорий предполагаемого строительства объектов горнолыжного курорта, пос. Листвянка и г. Байкальска, схемы функционального зонирования сельскохозяйственных земель в пределах Прибайкальского национального парка (Иркутская область), рамочных ландшафтных планов природного парка «Зона покоя Укок» и Кош-Агачского района (Республика Алтай), ландшафтной программы Калининградской области и схемы функционального зонирования территории Государственного природного резервата «Алтын Дала» в пределах Жангельдинского района Костанайской области Казахстана. Кроме того ландшафтно- и почвенно-геохимические работы с использованием методики ЛП выполнялись авторами при создании схемы водоохранного зонирования побережья оз. Байкал и разработке соответствующих разделов ОВОС и инженерно-экологических обоснований строительства объектов добычи и транспорта углеводородов в Восточной Сибири.

Важное место в ЛП занимает оценка состояния существующих природных условий территории планирования, ее критерии ориентированы на главные цели использования территории в условиях равных приоритетов сохранения экологического равновесия и устойчивого социально-экономического развития, они отражают современное состояние природной среды в естественных и антропогенно измененных геосистемах в категориях значения и чувствительности. Критерии значения дают представление о потенциале почв как природного ресурса, а критерии чувствительности регламентируют возможности их использования в связи с теми или иными негативными свойствами или процессами.

Значение – это уровень соответствия эталону представлений о необходимом состоянии данного компонента природной среды, оцениваемому экспертно. Оно рассматривается только в связи с необходимостью оптимальной реализации приоритетной целевой функции использования, индивидуальной для каждого природного компонента. Оценка почвы в категории «значение» проводится, исходя из целевой функции использования почв, с позиций их пригодности к использованию. Так, при оценке значения земель для их использования в качестве пахотных угодий наиболее важным показателем является плодородие почв, качественная оценка которого основывается на характеристиках, тесно связанных с продуктивностью – это, главным образом, обеспеченность теплом и влагой, мощность гумусового горизонта, содержание гумуса, обеспеченность элементами питания, рН, ЕКО, гранулометрический состав, уклоны местности, площадь контура и т.д. Для оценки пригодности почв к пастбищному или сенокосному использованию достаточно показателей тепло- и влагообеспеченности. Критерием оценки лесопригодности почв или их значимости для охраны ландшафтов на территориях с естественным растительным покровом служит способность почв к поддержанию биологической продуктивности растительных сообществ.

В условиях Прибайкалья, Алтая и Тургая с преобладанием ненарушенных ландшафтов к высокозначимым относились почвы, редкие для данных территорий, почвы с большой мощностью корнеобитаемого слоя (ценные для использования в лесном хозяйстве) и с высокими агропроизводственными свойствами (ценные для использования в земледелии - хорошо гумусированные, обеспеченные элементами питания, с близкими к оптимальным показателями тепло- и влагообеспеченности; ценные для использования под пастбища и сенокосы - с показателями тепло- и влагообеспеченности, позволяющими произрастать большой фитомассе, и с низкой степенью эродированности). Широко распространенные почвы с низкими показателями плодородия и лесопригодности, в том числе эродированные и загрязненные, были отнесены к низкозначимым, а все остальные почвы - к категории среднезначимых для конкретного вида использования.

В Калининградской области, где степень распаханности значительно выше, при оценке значимости почв были использованы критерии уникальности и возможностей выполнения целевых функций использования почв, отдельно для сохранения растительных сообществ и для сельскохозяйственного производства.

Для побережья оз. Байкал дополнительно оценивалось водоохранное значение почв с учетом их водорегулирующей (роль в формировании речного стока и трансформации поверхностных вод в грунтовые) и сорбционной (обеспечение защиты грунтовых и речных вод от техногенного загрязнения) способности. Водорегулирующая способность почв определяется их водоудерживающими и инфильтрационными свойствами и оценивается по водопроницаемости в зависимости от гранулометрического состава и характера потенциальной структуры. Оценка потенциальной сорбционной способности почв базируется на анализе свойств, контролирующих процессы трансформации, выноса и накопления веществ в почвенной толще, а также степень подвижности токсичных соединений [2]. На базе оценки стокорегулирующей и водоохранной функций ландшафтов разработана шкала дифференциации водоохранной зоны.

Чувствительность – это способность данного природного компонента изменять свои свойства и динамические характеристики под воздействием хозяйственной деятельности человека. Чувствительность/устойчивость почв определяется обычно по отношению к потенциальной возможности развития водной и ветровой эрозии под воздействием антропогенных нагрузок: для обрабатываемых почв - нарушения агротехнических приемов обработки почвы или неправильного выбора агротехники, для несельскохозяйственных земель - чрезмерной рекреации, степных пожаров, перевыпаса и т.д. Основным критерий чувствительности - степень выраженности современных экзогенных почворазрушающих процессов. Высокая степень чувствительности устанавливается для условий, когда экзогенные процессы полностью способны разрушить естественную структуру почв или уничтожить их совсем (полное разрушение почв возможно при активном развитии оползневых, обвальных, эоловых, склоновых водно-эрозионных и других процессов); средняя - когда под воздействием экзогенных процессов могут происходить частичные изменения их структуры и элементов; низкая - при сохранении почвами своей естественной структуры и функционирования, плодородия и прочих свойств. Важную роль в оценке чувствительности почв играют показатели Eh и pH, определяющие степень подвижности элементов, а также интенсивность латеральной и радиальной миграции вещества, наличие или отсутствие геохимических барьеров различного генезиса.

Литература

1. Landscape Planning: Tools and Experience in Implementation / Antipov A.N., Kravchenko V.V., Semenov Yu.M. et al. Bonn, Irkutsk: V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, 2006. 149 p.
2. Глазовская М.А. Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям: Метод. пособие. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. 102 с.

УДК 550.4: 502.5

ВЛИЯНИЕ УНАЛЬСКОГО ХВОСТОХРАНИЛИЩА НА ГЕОХИМИЮ ПОЧВ ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ (СЕВЕРНЫЙ КAVKAZ)

И.В. Семенова, В.А. Петров

ИГЕМ РАН, Москва, e-mail: parcete44@gmail.com

Представлены результаты определения концентрации макро- и микрокомпонентов в пробах почв в районе Унальского хвостохранилища, а также данные о химическом составе его материала.

Поставлены следующие задачи:

- определить особенности распределения валовых содержаний загрязняющих элементов в почвах разноудаленных зон от источника загрязнения (в данной работе представлены результаты опробования одного почвенного профиля);
- проследить динамику загрязнения почв путем сравнения полученных в 2011 г. результатов с материалами более ранних исследований;
- рассмотреть возможные пути миграции тяжелых металлов с учетом данных о химическом составе материала хвостохранилища, способа утилизации отходов предприятия и анализа природных условий района исследований.

Район исследования расположен в среднегорной части Горной Осетии, горно-долинные ландшафты которой относятся к экологически наиболее уязвимым системам. Основным источником загрязнения тяжелыми металлами почв данного района являются отходы Мизурской обогатительной фабрики (МОФ). МОФ действует с конца 19 века и специализируется на обогащении свинцово-цинковых руд Садонского рудного поля. Значительная часть текущих и лежалых отходов предприятия размещена в чаше хвостохранилища,

которое локализуется в долине между Боковым и Скалистым хребтами (Садоно-Унальская котловина), в бассейне р. Ардон и ее притоков (р.р. Уналдон, Майрамдон). Полютанты, связанные с хвостохранилищем, переходят в подвижные формы и депонируются в различные среды посредством ветрового пыления, а также прямого стока в гидросеть.

Садоно-Унальская котловина образовалась в следствие развития регрессивной эрозии рек в области распространения среднеюрских песчано-сланцевых толщ. Здесь преобладает эрозионно-аккумулятивный рельеф. Территория характеризуется средне-высокогорным рельефом с перепадами высот от 900 до 3000 м над уровнем моря. Скалистый хребет сложен, в основном, верхнеюрскими и нижнемеловыми известняками и доломитами, Боковой – нижнеюрскими сланцами и докембрийскими гранитами.

Рассматриваемое хвостохранилище расположено близ селения Нижний Унал в левом борту долины реки Ардон. Слева, по течению реки, оно ограничено выровненным скалистым склоном и Транскавказкой автомагистралью, справа – ограждающей бетонной дамбой длиной около километра. По гребню дамбы проложен пульпопровод с ответвлением трубопроводов для слива пульпы. Ложе хвостохранилища сложено галечниками р. Ардон. В чаше хвостохранилища устроено водосборное сооружение шахтного типа с отводящим трубопроводом, по которому осуществляется прямой сток в р. Ардон осветленной части пульпы, поступившей в хвостохранилище [1].

Унальское хвостохранилище действует с 1984 г. В настоящий момент с учетом занимаемой площади (17,5 га и измеренных мощностей 12-15 м) емкость его превышает 2,2 млн. куб. м. Значительная часть открытой поверхности (от 40 до 60 % в различное время года) постоянно покрыта водой. Выходы относительно сухих разностей хвостов простираются на северо-восток узкой (45-100 м) полосой вдоль плотины, подпирающей хранилище с востока.

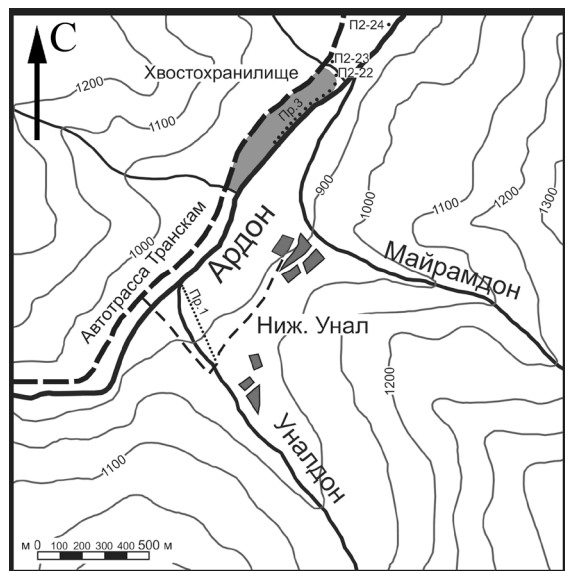


Рис.1 Район исследования. Показано положение хвостохранилища (серое) и профили опробования почв.

Минеральный состав сухих хвостов обогащения коррелирует с усредненным составом руд полиметаллических месторождений Садонского рудного района. Хвосты в основном состоят из кварца, сульфидов (пирит, пирротин, сфалерит, галенит), полевых шпатов, карбонатов (кальцит, анкерит, сидерит, смитсонит, церуссит), слюд (биотит, мусковит, серицит) и хлорита. Подчиненное значение имеют арсенопирит, халькопирит, халькозин, боронит, самородные элементы (Ag, Au, Bi, As, S), англезит, ильменит, гидроокислы железа, амфиболы, эпидот, апатит, циркон, сфен, анатаз (рутил), магнетит [2].

Образцы почв и материала хвостохранилища были отобраны в сентябре 2011 г. Первый профиль опробования почв (Пр-1), рассмотренный в данной работе, расположен в 400 метрах к юго-востоку от хвостохранилища между правыми притоками р. Ардон: р. Уналдон и р. Майрамдон. Общая протяженность составляет 350 м, точки отбора зафиксированы на расстоянии 5-20 м друг от друга. Отбор производился методом конверта в верхних почвенных горизонтах на глубине 10-20 см от поверхности. Материал хвостохранилища отбирался в сухой части хвостов по

профилю Пр-3 вдоль дамбы (~700 м). Отбор производился через каждые 50 м с глубины 20-30 см от поверхности вплоть до зоны «топких песков», разделяющей затопленные и высохшие ареалы материала хвостохранилища. Средний вес всех исходных проб составил ~2 кг, далее материал просеивался и высушивался на воздухе. Карта фактического материала представлена на рис. 1.

Анализ химического состава проб (37 образцов) выполнен (аналитик Якушев А.И., ИГЕМ РАН) методом рентгено-флуоресцентной спектрометрии (РФА) на спектрометре последовательного действия PW-2400 производства компании Philips Analytical B.V. (Нидерланды). Подготовка препаратов для анализа микроэлементов выполнена путем прессования 1 грамма порошка пробы с полистиролом под давлением 5 т/см². Получены количественные данные по содержанию 11-ти оксидов макроэлементов (Na₂O, MgO, Al₂O₃, SiO₂, K₂O, CaO, TiO₂, MnO, Fe₂O₃, P₂O₅, S) и 15-ти микроэлементов (Cr, V, Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Zr, Ba, Pb, As, Cl, Mo, Se). Усредненные концентрации перечисленных веществ в 24-х пробах почв представлены на рис. 2, где также отражены средние содержания в 13 пробах сухих хвостов. Концентрации селена и молибдена не приводятся, так как их содержания составляют <10ppm (ниже предела обнаружения).

В первом приближении динамика загрязнения почв по свинцу и цинку за 1989-2011 гг. по профилю Пр-1 показана на рис. 3. Данные о среднем содержании загрязняющих элементов (1989, 1993 гг.) приведены в работе [1] (на рисунке показано среднее значение по верхней и нижней аномалии).

Установлено, что среднее содержание в пробах свинца увеличилось к 2011 г. ~ в 5 раз по сравнению с 1989 г. Оно превышает фоновое значение в 46 раз, ПДК_н – в 63 раза. Среднее содержание цинка увеличилось в 2,4 раза, что в 21 раз выше фона и в 50 раз превышает ПДК_н. Также выявлено превышение ПДК_н для меди в 6 раз и мышьяку в 60 раз.

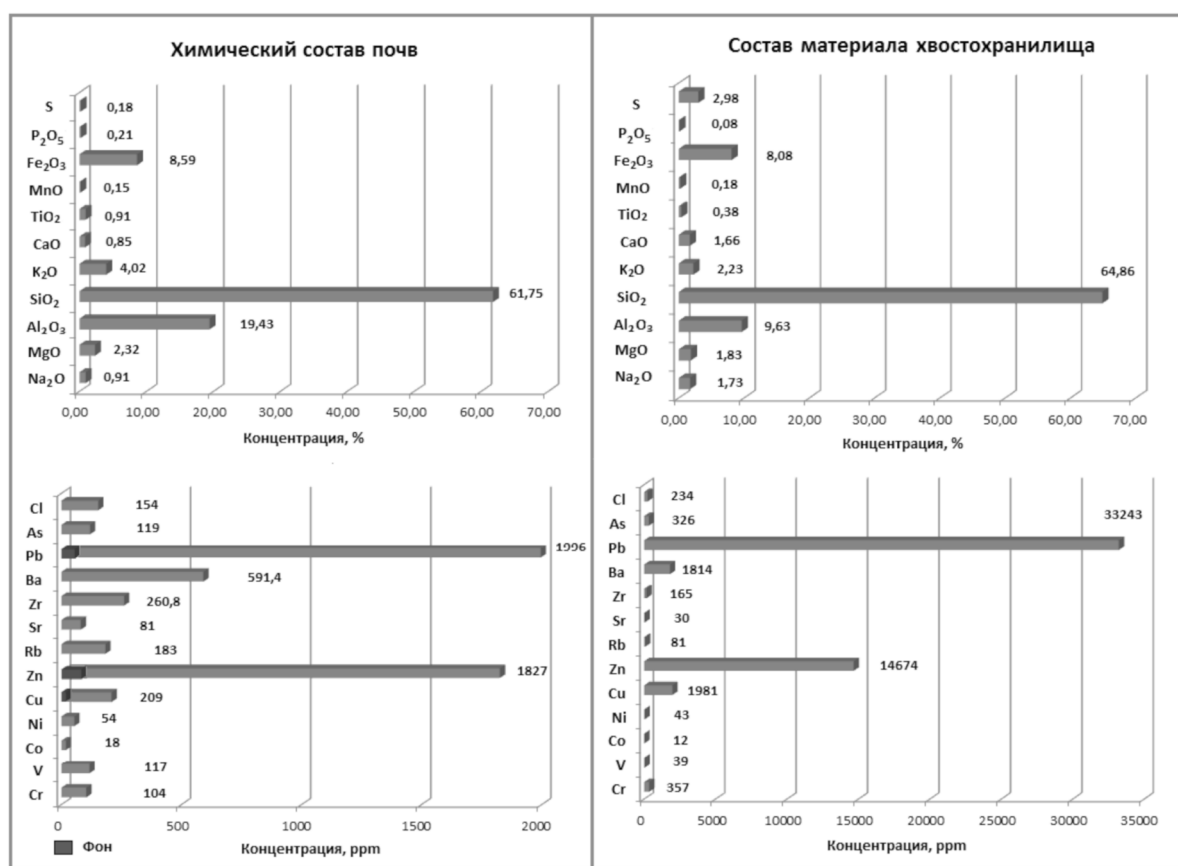


Рис.2 Валовые содержания элементов в почве и хвоста

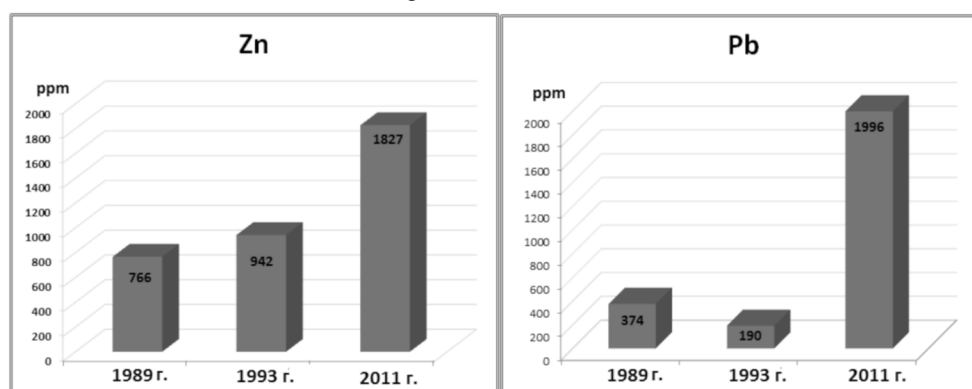


Рис. 3 Динамика накопления свинца и цинка в почвах

Выводы:

1. Полученные данные свидетельствуют об исключительной опасности хвостохранилища для окружающей среды. Предварительные исследования химического состава почв в непосредственной близости от исследуемого объекта показывают значительное превышение ПДК по четырем элементам (свинец, цинк, мышьяк, медь), что подтверждает необходимость проведения дальнейших исследований миграции техногенных веществ.

2. Миграция ванадия, кобальта, никеля, рубидия и стронция в почвах района исследования, вероятнее всего, не связана с Унальским хвостохранилищем ввиду гораздо меньшего содержания этих элементов в хвостах по сравнению с полученными данными о составе почв в районе исследования.

3. Десятикратное увеличение содержания свинца в почвах в течение двадцати лет, а также изменение соотношения концентраций свинца и цинка подтверждают предположение о том, что в загрязнение данной территории значительный вклад вносит ветровая эрозия материала хвостохранилища.

Литература

1. Матвеев А.А., Пряничникова Е.В., Шестакова Т.В., Семенов Ю.Н. Геохимическая оценка Унальского хвостохранилища Садонского свинцово-цинкового комбината (Северная Осетия-Алания) на окружающую среду // Известия РАЕН. Секция наук о Земле. 2004. № 13. С. 136-147
2. Панышин А.М., Евдокимов С.И., Солоденко А.Б., Дзайнуков А.Б. Утилизация отходов горно-металлургических предприятий. Владикавказ: Изд-во «Мавр», 2009. 196 с.

УДК 631.47

РАДИАЛЬНАЯ МИГРАЦИЯ ВЕЩЕСТВА В ГЕОСИСТЕМАХ ПРИБАЙКАЛЯ

Л.Н. Семенова (1), Ю.М. Семенов (1), В.А. Снытко (2)

(1) Институт географии имени В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, e-mail: semenov@irigs.irk.ru;

(2) Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН, e-mail: vsnytko@yandex.ru

Согласно М.А. Глазовской [1], ландшафтно-геохимические процессы – это совокупность взаимосвязанных биогеохимических, физико-химических, физических явлений, в результате совместного действия которых в ландшафтной сфере происходит постоянное возобновление живого вещества, трансформация органических, органоминеральных и минеральных соединений, сопровождающиеся пространственной дифференциацией химических элементов, а главными факторами, определяющими основные направления ландшафтно-геохимических процессов, являются вода и живое вещество.

На основе многолетнего изучения ландшафтно-геохимических свойств и процессов было установлено, что соотношение радиальной и латеральной неоднородности распределения химических элементов в основных типах ландшафтно-геохимических систем (ЛГС), доминирующих в горном обрамлении Байкала, отражает региональные и локальные особенности дифференциации вещества, обусловленные местоположением, различиями в составе коренных пород, процессами латеральной и радиальной миграции, причем различным типам геохимических сопряжений свойственны определенные наборы элементарных геосистем [2]. Дальнейшие ландшафтно-геохимические исследования в бассейне озера Байкал показали, что разнообразие геосистем, отражающееся в радиальной дифференциации химических элементов, обусловлено спецификой миграционных процессов в почвах, а миграционная способность тяжелых металлов в почвах может служить индикатором чувствительности ЛГС и геосистем в целом [3].

Вместе с тем, наряду с большим объемом данных по дифференциации вещества, материалов по их миграции, полученных непосредственно в природных условиях, в регионе практически нет. Поэтому нами было предпринято определение содержаний валовых и подвижных (кислото- и водорастворимых) форм ряда химических элементов – С, N, Fe, Ca, Mg, K, Na, Ba, Sr, Cr, Co, Cu, Pb - с целью оценки их миграционной способности в формировании радиальной дифференциации в почвах, а для учета масштабов радиальной миграции вещества использовались лизиметрические хроматографические колонки (сорбционные лизиметры) И.С. Кауричева – Е.М. Ноздруновой [4, 5].

Наши предыдущие лизиметрические исследования радиальной миграции вещества в почвах юга Средней Сибири показали значительную вариабельность масштабов радиальной миграции вещества, определяемую зональными, секторными, высотно-поясными условиями формирования почв и локальными ландшафтно-геохимическими особенностями [6]. Наибольшие значения показателей нисходящей миграции вещества отмечаются в почвах геосистем на территориях с достаточно высоким количеством атмосферных осадков и промывным водным режимом. Максимум значений восходящей миграции характерен для почв или недостаточно увлажненных (с выпотным водным режимом) или испытывающих влияние грунтовых вод супераквальных ЛГС. Количество мигрирующего вещества в элювиальных и трансэлювиальных местоположениях значительно ниже, чем в аккумулятивных и трансаккумулятивных. Различия в показателях миграции отдельных веществ определяются общим содержанием того или иного химического элемента, формой его нахождения в конкретных почвах и проявлениями элементарных почвообразовательных процессов, то есть условиями функционирования ЛГС.

Величины среднегодового радиального выноса химических элементов из генетических горизонтов почв ЛГС отдельных районов Прибайкалья (северный макросклон хребта Хамар-Дабан и урочище Куркут в Приольхонье), полученные в последние годы в результате анализов сорбента из лизиметрических колонок, поставленных на соответствующих глубинах под горизонтами, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Среднегодовой радиальный вынос химических элементов, г/м²

Горизонт / глубина (см)	С	N	Fe	Ca	Mg	K	Na	Ba	Sr	Cr	Co	Cu	Pb
Хамар-Дабан													
6. Дерновая лесная литогенная на элювии гнейсов													
Ad / 4	2,54	2,15	0,32	-	-	-	-	-	-	0,004	-	0,006	0,007
С / 30	1,73	1,82	0,27	-	-	-	-	-	-	0,001	0,002	0,002	0,001
7. Дерновая лесная слабооподзоленная на элюво-делювии гнейсов													
Ad / 5	2,24	2,39	0,36	-	-	-	-	-	-	0,004	0,003	0,004	0,001
A2B / 9	2,26	2,36	0,32	-	-	-	-	-	-	0,002	0,003	0,005	0,004
B / 15	1,02	2,08	0,14	-	-	-	-	-	-	-	-	0,001	-
8. Дерновая лесная оподзоленная на делювии пегматоидных гранитов													
Ad / 4	3,38	0,62	0,09	-	-	-	-	-	-	0,009	-	-	0,011
A2 / 9	1,40	2,45	0,13	-	-	-	-	-	-	0,003	0,003	0,001	0,001
B / 20	1,09	2,14	0,17	-	-	-	-	-	-	0,002	0,001	-	0,002

Приольхонье													
2. Дерновая степная бескарбонатная на элювии гангстингситовых амфиболитов													
Ad / 2	2,82	2,16	1,39	1,32	0,97	0,12	-	0,22	-	-	-	-	-
5. Дерновая степная бескарбонатная на делювии гангстингситовых амфиболитов													
Ad / 12	1,45	0,54	1,83	0,80	0,38	0,22	4,82	0,12	-	-	-	-	-
B / 36	1,37	0,72	1,14	1,19	1,36	0,08	1,83	0,07	-	-	-	-	-
6. Горно-степная каштановидная на делювии гангстингситовых амфиболитов													
Ad / 8	0,43	0,54	0,09	1,04	0,86	-	2,41	0,31	-	-	-	-	-
AB / 31	1,80	0,90	0,27	0,82	0,37	0,08	-	0,02	0,004	-	-	-	-
7. Горно-степная черноземовидная на делювии кальцитовых мраморов													
Ad / 2	1,60	0,72	0,14	1,39	0,13	0,26	-	0,02	0,004	-	-	-	-
Aca / 14	1,88	0,72	0,13	1,23	0,36	0,46	-	0,02	0,004	-	-	-	-
ABCa / 27	2,24	1,26	0,17	0,75	0,21	0,22	3,62	0,03	0,006	-	-	-	-

Из данной таблицы видно, что для тех или иных ЛГС характерны контрастные спектры наиболее активно мигрирующих (K и Sr – в почвах на мраморах) или, наоборот, практически не мигрирующих (Ca, Mg, K, Na, Ba, Sr - в тайге, Cr, Co, Cu, Pb - в степи) химических элементов (данные по выносу некоторых элементов не показаны из-за отсутствия его резких различий). Поэтому их миграционная способность может использоваться в качестве критериев условий ландшафтообразования и чувствительности к внешним воздействиям, при этом выбор конкретных индикативных показателей (элементов или их ассоциаций) зависит от региональной и местной специфики миграционных процессов в почвах.

Литература

1. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа, 1988. 328 с.
2. Снытко В.А., Семенов Ю.М., Семенова Л.Н., Данько Л.В. Геохимия ландшафтов бассейна озера Байкал // География и природ. ресурсы. 2007. № 3. С. 191-197.
3. Семенова Л.Н., Семенов Ю.М. Миграционная способность тяжелых металлов в почвах как индикатор чувствительности геосистем // География и природ. ресурсы. 2010. № 2. С. 26-33.
4. Кауричев И.С., Ноздрунова Е.М. Учет миграции некоторых соединений в почвах с помощью лизиметрических хроматографических колонок // Почвоведение. 1960. № 12. С. 30-35.
5. Кауричев И.С., Яшин И.М., Черников В.А. Теория и практика метода сорбционных лизиметров в экологических исследованиях. М.: Изд-во МСХА, 1996. 144 с.
6. Семенов Ю.М., Данько Л.В., Семенова Л.Н., Палкин О.Ю., Семенов М.Ю. Лизиметрическая диагностика развития геосистем // География и природ. ресурсы. 2002. № 3. С. 110-120.

УДК 631.48

ВЫВЕТРИВАНИЕ И ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В УСЛОВИЯХ ПЕЩЕР И ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

А.А.Семиколенных

Факультет почвоведения МГУ им. В.М.Ломоносова, Москва, e-mail: aasemik@list.ru

К настоящему времени описан ряд специфических подземных экосистем в пещерах и горных выработках. В зависимости от типа организмов низшего трофического уровня эти экосистемы можно разделить на следующие: 1) сапротрофный тип I (потребление органического вещества с поверхности или привнесенного человеком); 2) сапротрофный тип II (потребление органического вещества горных пород или газообразных углеводородов глубинного происхождения); 3) автохемотрофный тип (ассимиляция углекислоты воздуха при окислении соединений серы, железа, марганца, водорода); 4) автофотолитотрофный (представленный водорослями, цианобактериями и мхами, формирующийся в искусственно освещенных пещерах под лампами или в привходовых зонах со слабым рассеянным светом). Возможны также смешанные типы из вышеуказанных.

По способу связи с поверхностью подземные местообитания могут быть также классифицированы как: 1) активно связанные (развивающиеся карстовые системы, как правило, периодически или постоянно обводненные, или с интенсивным инфильтрационным питанием); 2) слабо связанные (как правило, глубинные полости, сформированные в иные климатические эпохи или гипогенной природы, вмещающие экосистемы сапротрофного и автохемотрофного типов, где эндогенные потоки вещества и энергии преобладают); 3) фоссиллизированные (местообитания, не имеющие значительных современных потоков вещества и энергии, вмещают реликтовые экосистемы - стабильные или медленно деградирующие).

Микробные сообщества пещер могут быть как простыми, так и сложными и обладают рядом специфических черт. Как правило, для микроорганизмов характерны высокие показатели обилия при низкой встречаемости, это обозначает присутствие монодоминантных сообществ, полностью оккупирующих выбранный субстрат. В целом для сообществ характерна низкая межвидовая конкуренция и ненасыщенность видами. Антропогенное воздействие еще усиливает эту особенность. В часто посещаемых пещерах возрастает общая биомасса и численность микроорганизмов (преимущественно мезофильных) на фоне снижения биоразнообразия [1, 2].

Зоны контакта и взаимодействия организмов и минерального субстрата, исследованные на стенах пещер, функционально выполняют роль почв на дневной поверхности, осуществляя регуляторную, структурную и биоаккумулятивную функции в подобных экосистемах. Они обладают твердофазным каркасом и имеют систему генетических горизонтов субпараллельных фронту действующих факторов при мощности от нескольких микро- и миллиметров до 5 сантиметров. Это позволяет рассматривать их не только функционально, но и структурно в качестве биокосных природных почвоподобных тел, имеющих инситный вертикально-анизотропный профиль. При этом разрушение исходных минералов сопровождается их трансформацией и новообразованием иных минеральных форм, которые могут быть специфичными именно для подземного (замкнутого) пространства, например, так называемое «лунное» или «каменное» молоко.

Предполагается, что подходы и методы генетического почвоведения могут быть наиболее эффективны в изучении состава, организации, генезиса и функционирования почвоподобных тел как компонентов экосистем карстовых пещер. Оценка функциональной роли почвоподобных тел пещер, позволяет разработать подходы к изучению и оценке продуктивности малых условно изолированных автохемототрофных экосистем, в том числе при поиске жизни в подповерхностной среде других планет солнечной системы.

В ранних публикациях посвященных исследованию пещеры Лечугия (США) для наименования почвоподобных тел пещер использовался термин «corrosion residue» [3], при этом отмечалось, что «...остаточный порошкообразный материал, обнаруживаемый в пещере, оказывается нетронутым продуктом микробиальных процессов, участвующих в почвообразовании на поверхности известняковых и доломитовых пород» (перевод). Позднее нами был употреблен термин «cave soil» [4] или «почвоподобные тела пещер» [5] при описании процессов в пещерах хребта Кугитангтау (Туркменистан). В поздних публикациях американские авторы уже уверенно используют термин «спелеопочвы» - «Speleosoil: a subterranean soil» [6].

Литература

1. Семиколенных А.А., Иванова А.Е., Добровольская Т.Г. Микробные сообщества гипсовых пещер и почв карстовых ландшафтов Архангельской области. Почвоведение, 2004. №2, стр. 224-232.
2. Ivanova A.E., Semikolennykh A.A. Microfungi in some caves of Sweden: Lummelunda Cave (Gotland island), Icekrystall and Hopplet caves (Vadve upland). Abstract book of Int. Conf. "Northern karst systems in our changing environment", 5-10 September 2011, Golubino-Pinega. Printed by ООО "FED+", Moscow. Pages 45-49.
3. Cunningham K.I., Northup D.E., Pollastro W.G., Wright W.G., LaRock E.J. Bacteria, fungi and biokarst in Lechugilla Cave, Carlsbad Caverns National Park, New Mexico. Environmental Geology, #25. 1995. Pages 2-8.
4. Maltsev A., Korshunov V., Semikolennykh A. Cave chemolithotrophic soils. Proc. of 12th Int. Cong. of Speleology. - La Chaux-de-Fonds, Switzerland, 10-17.08.1997. Vol.1, p.29-32.
5. Семиколенных А.А., Таргульян В.О. Почвоподобные тела автохемототрофных экосистем пещер хребта Кугитангтау (Восточный Туркменистан). Почвоведение. 2010, №6. Стр. 658-672
6. Spilde M., Kooser A., Boston P., Northup D., Speleosoil: a subterranean soil. Proc. of 15th Int. Congress of Speleology, Vol.1, pp. 338-344, 2009

УДК 550.47

БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАВЯНИСТОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

М.Ш. Сибгатуллина, Д.В.Иванов

*ГБУ Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, Казань,
e-mail: sibmad@list.ru*

Основным интегральным показателем устойчивости почв к различного рода химическим воздействиям является ее эколого-геохимическое состояние, обеспечивающее нормальное функционирование присущих данной биогеоценотической системе совокупностей живых организмов [1]. Почва и растительный покров – это тесно взаимосвязанные блоки единой биогеоценотической системы, в которой изменение состояния одного компонента приводит к изменению другого. В связи с этим целью настоящей работы было изучение биогеохимических особенностей травянистой растительности Волжско-Камского заповедника.

Для реализации поставленной цели в июле 2009 г. были отобраны 35 проб растений и 35 проб почвы в лесных фитоценозах Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника (ВКГПБЗ). Дерново-подзолистые почвы ВКГПБЗ сформированы двумя типами почвообразующих отложений – эоловыми и аллювиально-делювиальными. Материалом для работы послужили 10 наиболее распространенных видов растений травянисто-кустарничкового яруса - пролесник многолетний, сныть обыкновенная, осока волосистая, копытень европейский, щитовник мужской, черника, ландыш майский, орляк обыкновенный, костяника, кочедыжник женский. В почве анализировали содержание подвижных форм микроэлементов, как наиболее доступных для поглощения растениями, извлекаемых ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4.8. Содержание Mn, Fe, Zn, Cu, Co, Cr, Ni, Cd, Pb в исследованных образцах определяли атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре AAnalyst фирмы Perkin Elmer. Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета Statistica 6. В качестве критерия сравнения средних между двумя группами сравниваемых показателей использовали критерий Манна-Уитни.

По содержанию подвижных форм в почве микроэлементы были расположены в следующий ряд: Mn(122) > Fe(58) > Cr(4.6) ≥ Zn(4.2) > Pb(1.7) > Ni(0.6) ≥ Cu(0.5) > Cd(0.1). По степени доступности (процент

от валового содержания) форм микроэлементов в почве исследованные элементы соответствуют ряду (%): Cr (71) > Cd (51) > Mn (24) > Zn (17) > Pb (15) > Cu (11) > Ni (9.5) > Fe (2.1) > Co (1.6). Таким образом, тройку максимально доступных микроэлементов для поглощения растениями в дерново-подзолистой почве ВКГПБЗ образуют Cr, Cd и Mn. Предыдущими исследованиями почв Предкамья Республики Татарстан был также выявлен повышенный региональный фон Mn и Cd [2]. Железо, несмотря на второе место в ряду подвижных форм микроэлементов в почве, оказалось в наименее доступной для растений форме.

Среднее содержание изученных микроэлементов в растениях приведено в таблице 1.

Таблица 1

Вариационно-статистические показатели распределения микроэлементов в растениях травянисто-кустарничкового яруса Раифского участка ВКГПБЗ, мг/кг воздушно-сухой массы.

Элемент	M±m	Me	Min	Max	V, %
Mn	156.2±19.5	127.5	24.6	445.0	74
Fe	151.8±17.3	128.7	60.5	669.2	67
Zn	41.9±5.9	29.9	8.4	152.9	83
Cu	5.5±0.4	4.6	1.6	12.7	48
Ni	2.8±0.3	2.0	0.7	8.6	73
Pb	1.6±0.2	1.3	0.04	4.9	66
Cr	0.4±0.05	0.4	0.1	1.2	62
Co	0.4±0.1	0.3	0.04	3.4	129
Cd	0.2±0.03	0.2	0.02	1.1	89

Обнаружено, что наибольшим содержанием Mn отличаются растения черники, наименьшим – растения орляка и щитовника. Растения черники аккумулируют Fe в гораздо меньших количествах, чем группа неморальных видов – осока, пролесник, сныть. Содержание Zn максимально в растениях пролесника, а минимально в растениях орляка. В растениях щитовника и орляка обыкновенного содержание кадмия обнаружено в наименьших количествах, а максимальное – в растениях пролесника, копытня и ландыша. Максимальное содержание Cu выявлено в растениях черники и ландыша, минимальное – в растениях сныти.

Среднее содержание Mn и Cu в растениях на дерново-подзолистой почве, образованной эоловыми отложениями, оказалось в 2 раза ($p < 0.05$) выше, чем в растениях на почве, сформированной аллювиально-делювиальными отложениями. Напротив, содержание Fe и Zn оказалось выше ($p < 0.05$) в растениях на почве, сформированной аллювиально-делювиальными отложениями, чем в растениях на почве, сформированной эоловыми отложениями.

Расчет индексов аккумуляции (I_A), представляющих собой отношение концентрации микроэлемента в растении к концентрации его подвижных форм в дерновом горизонте почвы [3], позволяет определить интенсивность поглощения микроэлементов растениями, необходимость и значимость их для процессов метаболизма. В общем виде степень биоаккумуляции изученных микроэлементов растениями по величине I_A соответствует ряду Cu (16.1) > Zn (9.0) > Ni (4.4) > Cd (2.4) > Fe (1.6) > Mn (1.0) > Co (0.9) > Pb (0.7) > Cr (0.1). В целом исследованные растения травянисто-кустарничкового яруса хвойных лесов, произрастающих на почвах, сформированных на эоловых отложениях, отличаются сравнительно большим индексом биоаккумуляции всех изученных микроэлементов за исключением Fe, чем растения широколиственных лесов, произрастающих на почвах, сформированных на аллювиально-делювиальных отложениях.

Таким образом, получены новые данные о содержании микроэлементов Mn, Fe, Zn, Cu, Cr, Co, Cd, Pb, Ni в дикорастущих растениях травянисто-кустарничкового яруса лесных фитоценозов Раифского участка ВКГПБЗ, которые предлагается рассматривать как фоновые.

Литература

1. Глазовская М.А. Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. – 102 с.
2. Григорьян Б.Р., Калимуллина С.Н., Хакимова А.М. Региональные аспекты загрязнения среды тяжелыми металлами и здоровье населения // Казанский медицинский журнал. – 1994. – №1. – С. 38-44
3. Экогеохимия Западной Сибири. Тяжелые металлы и радионуклиды. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1996. – 248 с.

УДК 631.4

О ПРОЯВЛЕНИИ ПЕРВИЧНОГО ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ НА НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ПОЛУПУСТЫНИ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ

М.Л. Сиземская

Институт лесоведения РАН, Москва, e-mail: sizem@mail.ru

Несмотря на консерватизм многих почвенных признаков, ряд процессов, относящихся по скорости проявления к быстро- и среднетекущим [1], можно изучить за относительно короткий временной отрезок.

При антропогенном воздействии на почвы в первую очередь изменяются процессы трансформации и миграции веществ, относящиеся к быстротекущим и частично обратимым. В то же время, именно такие их особенности, кумулятивно накапливающиеся, можно уловить при изучении естественной эволюции почв и их трансформации при антропогенном воздействии.

Хозяйственная деятельность внесла существенные изменения в структуру ландшафтов полупустыни междуречья Волги и Урала на Прикаспийской низменности. Помимо результатов целенаправленного культурного воздействия здесь можно встретить искусственные понижения и выемки, в которых ранее предполагалось создать пруды и каналы или использовать эти понижения в других целях. Эти нарушенные участки являются интересными объектами для изучения процессов естественной демутиации и первичного почвообразования. В работе представлены некоторые итоги изучения формирования профиля первичных почв на днище понижения размером 130 x 140 м, глубиной 3 м.

Понижение было вырыто в 1979 году на территории агролесомелиоративного комплекса Джаныбекского стационара Института лесоведения РАН и приурочено, в основном, к большой падине с исходно незасоленными лугово-каштановыми почвами. Первоначально здесь предполагалось создать пруд, заполняемый водой, поступающей из специально прорытого канала, но его искусственно наполнили водой только однажды в 1980 году.

Исследования почвенно-растительного покрова на днище проводили с интервалом в 10 лет в 1992, 2002 и 2011 годах.

Близость дендрария, включающего коллекцию из 120 видов акклиматизированных деревьев и кустарников, обусловила возможность спонтанного появления со временем древесных зарослей по склонам и днищу выемки. В 2011 году насчитывалось около 20 видов, среди которых преобладали лох остроплодный (*Elaeagnus oxycarpa* Schlecht.), ива каспийская (*Salix caspica* Pall.), тополь белый (*Populus alba* L.), тополь черный (*P. nigra* L.), смородина золотая (*Ribes aureum* Pursh), барбарис обыкновенный (*Berberis vulgaris* L.), жимолость татарская (*Lonicera tatarica* L.). Напочвенный покров представлен сорно-влажно-луговой растительной ассоциацией с участием тростника (*Phragmites australis* Trin. ex Steud), зюзника высокого (*Lycopus exaltatus* L. fil.). Выявлен квазитугайный облик формирующихся биогеоценозов [2].

Возможность поселения на глинистом субстрате пионерных видов древесной и кустарниковой растительности предопределил, очевидно, благоприятный водный режим, формирующийся в значительной степени за счет дополнительного снегонакопления и притока талых вод: здесь влажность верхней толщи составляет в среднем 20-23% и соответствует наименьшей влагоемкости, а запас продуктивной влаги в слое 0-2 м достигает 400 мм [2]. Уровень грунтовых вод в 1992 году находился на глубине 1,9 м (в 2011 году за счет десукции деревьев – 3,8 м), их минерализация не превышала 0,9 г/л, состав – гидрокарбонатно-хлоридно-кальциевый. Содержание гумуса в этой толще исходно было крайне невелико – 0,1 % $C_{орг}$. Субстрат имеет среднесуглинистый гранулометрический состав, неясно-глибистую структуру, палево-бурю окраску, бурно вскипает от HCl.

Спонтанное появление растительности, особенно древесной и кустарниковой, оказало существенное влияние на трансформацию исходного субстрата. Уже через 10 лет освоения днища растениями было выявлено формирование признаков первичной почвы: некоторая дифференциация морфологического профиля, накопление подстилки. В дальнейшем эти процессы аккумуляции и трансформации органического вещества усилились.

В 2011 году выявлены следующие особенности строения морфологического профиля формирующейся почвы. Сверху четко выделяется горизонт подстилки из слаборазложившихся листьев и веточек деревьев мощностью 1-1,5 см, запас которой в настоящее время составляет $0,953 \pm 0,196$ кг/м², а зольность достигает 13,85 %. В составе золы абсолютно преобладает Ca (26015 мг/кг), на порядок меньше содержание Mg, Fe, K. Под подстилкой сформировался коричневатого-темно-серый гумусовый горизонт мощностью 1-2 см, который имеет хорошо выраженную комковато-порошистую структуру, не вскипает, густо переплетен корнями растений. Содержание $C_{орг}$ составляет 0,67 %. Ниже выделяется фрагментарный комковато-порошисто-мелкозернистый серовато-светло-бурый горизонт мощностью 2-3 см с признаками элювиирования (осветления минеральной массы), который отличается сильным вскипанием, появлением мелкокристаллических гипсовых новообразований. На глубине 5-7 см он сменяется палево-бурой плитчато-ореховато-зернистым средним суглинком, который на глубине 15-17 см переходит в исходную материнскую породу, содержащую прослой гипсовых друз. По типу строения морфологического профиля его можно отнести к гумусово-аккумулятивному слабощелочному карбонатному: AU, ACsa, Csa [по: 3], отделу слаборазвитых почв в современной классификации почв России [4].

Таким образом, за 30-летний период произошла дифференциация верхней части выведенной на поверхность материнской породы. Сформировалась лесная подстилка, образовался гумусовый горизонт, изменилась глубина вскипания, что является проявлением гумусово-аккумулятивного процесса и постепенной гумификации органического вещества, а также декарбонатизации материала. При этом формирование гумусового горизонта происходило со скоростью ~ 0,5 мм в год, скорость накопления $C_{орг}$ оценивается как ~ 0,01 г/100 г почвы в год. Совокупность этих процессов можно рассматривать как проявление природного регенерационного педогенеза [3]. Особенности формирования этих почв и, в целом, данного биогеоценоза позволяют рекомендовать создание в неиспользуемых выемках искусственных лесных насаждений рекреационного назначения из лоха, тополей, ив, ягодных кустарников, декоративных мезофильных травянистых растений [5]. Компактные, небольшие по площади, привлекательные для отдыха, такие лесонасаждения могут существенно преобразить нарушенные территории и улучшить полупустынный ландшафт.

Литература

1. Козловский Ф.И. Современные естественные и антропогенные процессы эволюции почв. М.: Наука, 1991. 196 с.
2. Сиземская М.Л., Копыл И.В., Сапанов М.К. Заселение древесно-кустарниковой растительностью искусственных понижений мезорельефа в полупустыне Прикаспия // Лесоведение. 1995. № 1. С. 15-23.
3. Абакумов Е. В. Первичные почвы в природных и антропогенных экосистемах. Автореф. дисс. докт. биол. наук. Тольятти, 2012. 48 с.
4. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
5. Сапанов М.К., Сиземская М.Л. Патент на изобретение «Способ лесомелиоративной рекультивации земель» № 2406285 // Бюлл. «Открытия, изобретения». 2010. № 35.

УДК 550.4:911.52

ГЕОХИМИЯ ЛАТЕРИТНЫХ ЛАНДШАФТОВ

А.Д. Слукин

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН), e-mail: novikov@igem.ru

Латерит впервые был описан шотландским медиком Ф. Бьюкененом (F. Buchanan) в 1807 г. как глинистый продукт изменения докембрийских гранитов Индии, способный необратимо затвердевать на открытом воздухе и пригодный для применения в качестве строительного материала.. Этот материал он назвал латеритом, что на латыни обозначает «кирпич». В дальнейшем при изучении тропиков и палеотропиков латериты стали объектами исследования географии, геологии, геоморфологии, почвоведения и других наук. С латеритами генетически связано множество полезных ископаемых: глин, бокситов, руд никеля, железа, марганца, золота, редких и редкоземельных элементов и специфических почв (плинтиты, оксисоли и феррасоли). Было установлено, что латериты являются продуктами выветривания горных пород различного петрографического состава в условиях переменного-влажного жаркого тропического климата [1]. Геохимия латеритов имеет очень сложный характер, обусловленный открытостью системы, типом материнских пород, тектонической и геоморфологической обстановкой на территории каждого конкретного объекта. Общим условием является участие в процессах выветривания и латеритизации микро- и макроорганизмов. В первом приближении направленность процессов выветривания вполне ясна: выпадающие на земную поверхность дождевые воды проникают по трещинам вглубь горных пород, растворяют их и выносят Na, K, Ca, Mg и Si, а элементы-гидролизаты: Ti, Al и Fe, образуя малорастворимые гидроксиды и оксиды, остаются на месте. При этом состав вод и их физико-химические характеристики: pH, Eh, температура, количество микроорганизмов и др. меняются. Дождевые воды, будучи кислыми, при контакте и взаимодействии с растительностью подкисляются ещё больше, а спускаясь вниз, становятся нейтральными и затем щелочными [2]. В таких условиях происходит дифференциация химического вещества, и формируются зональные профили выветривания, существенно различные на разных породах. На ультрабазитах возникают Fe-охры и нонтронитовые глины с Ni, а в зоне дезинтеграции отлагается магнезитовый «капустник», кальцит, псиломелан, кварц, халцедон и опал (включая хризопраз и празопал). На базитах – латериты, бокситы, каолины и монтмориллонитовые глины. На гранитах, гнейсах, кондалитах и кварц-мусковит-полевошпатовых сланцах- латериты, бокситы и каолины. На осадочных каолинах – латериты и бокситы. Интенсивная тектоническая проработка субстрата в зонах трещиноватости, в замках антиклинальных складок, в сводах куполов способствует более глубокому проникновению агентов выветривания : до 150 м в Восточных Гатах, Индия, и до :600 м на Чадобецком поднятии, Сибирская платформа. На горизонтально залегающих траппах мощность латеритных профилей составляет 20-60 м.

Влияние минерального состава на геохимию латеритного процесса ярко проявляется при сравнении профилей на кислых и основных породах. На кварцсодержащих породах образовались крупнейшие и лучшие по качеству бокситовые месторождения Австралии, Индии, Бразилии и Венесуэлы. Причина этого заключается в особенностях кварца. По своим петрофизическим свойствам он в 2,5 раза более других минералов подвержен трещиноватости, которая открывает пути для фильтрации вод. При растворении кварца обычно не образуются псевдоморфозы, и на месте его зёрен оказываются пустоты, которые способствуют интенсификации процессов выветривания. На грубозернистых породах в бокситах сохраняются его реликты, на тонкозернистых сланцах образуются бескварцевые каолины и гиббситовые бокситы. В целом, профили на кислых породах имеют маломощные железистые покровы. На плоских или вогнутых столовых холмах, где размещаются мелкие временные водоёмы, железо восстановлено, вынесено, и латеритные покровы в прибрежной зоне обелены.

На траппах (базальтах) сформировались профили с чёткими горизонтальными зонами: монтмориллонита, каолина, боксита и латерита. Базальт - высокожелезистая порода, но продукты её латеритизации: каолины и бокситы выглядят парадоксально белыми или лиловыми, т.е. полностью потерявшими железо, входившее в состав силикатов. Зона бокситов имеет мощность до 8-10 м. В ней различаются три горизонта. Нижний-высокопористый псевдоморфный гиббситовый боксит (до 60 % Al_2O_3 и 5 % TiO_2). Средний горизонт имеет блоковое строение. Размер блоков достигает нескольких метров. Боксит гиббсит-бёмитовый, каменистый плотный фарфоровидный, местами псевдоморфный или пизолитовый (до 72 % Al_2O_3 и 10 % TiO_2). Верхний горизонт – вермикулярный кавернозный, многократно переработанный микро- и макро- флорой и фауной, что почвоведы называют биологической педотурбулентностью. Бокситы пронизаны отмершими и живыми

корнями деревьев и кустарников, ходами микрофауны. Вдоль отмерших корней прошло обеление. Все бокситы имеют низкие содержания SiO_2 (0-5 %) и Fe_2O_3 (2-5 %). Кристаллический гиббсит почти не содержит примесей химических элементов. Скрытокристаллические колломорфные смеси гиббсита и бёмита включают до 10 % TiO_2 , причём из них только 2-3 % входят в состав реликтового титаномагнетита, а остальное сорбировано гелями. Источником этого титана были выветрившиеся темноцветные силикаты и полевые шпаты, куда он входил в виде изоморфных примесей. Следует подчеркнуть, что рутил, пронизывающий все минералы материнских пород, не изменяется при процессах латеритизации и остаётся в псевдоморфозах каолинита и гиббсита либо, освобождаясь при растворении кварца, опускается на дно образовавшихся микрокаверн.

Латериты, как панцирь, покрывают бокситы и венчают вершины столовых гор и холмов. Они сложены крепкими каменистыми кавернозными вермикулярными породами красного и пёстрого красно-белого цвета. Их минеральный состав: гематит, гётит, бёмит, гиббсит, каолинит, кварц. В химическом составе преобладает Fe_2O_3 (до 40-60 %); местами имеются высокие концентрации SiO_2 (до 25 %). Латериты, по сравнению с бокситами, содержат повышенные количества Na, K, Ca и Mg. Эти парадоксы вызваны тем, что латериты представляют собой комплекс геохимических барьеров: испарительного, сорбционного и окислительного. Во время сезона дождей монтмориллонит, насыщенный водой, разбухает, тампонирует все поры и препятствует фильтрации и поступлению кислорода. В толще глин и бокситов создаётся сезонная псевдоглеевая обстановка, железо восстанавливается и переходит в раствор. С наступлением сухого сезона воды, насыщающие толщу выветривающихся пород, в результате эвапотранспирации начинают подниматься, доставляя к поверхности все растворённые элементы. Fe^{2+} , встречаясь с кислородом, окисляется и осаждается в виде гелей, которые преобразуются в гётит и гематит. Si и Al образуют локальные выделения каолинита в каналах и кавернах. Другие элементы сорбируются высыхающими гелями Fe, Al и Si. Часть химических элементов попадает в латеритный покров оловым путём; например, латериты, на бескварцевых базальтах Индии и на нефелиновых сиенитах и фонолитах островов Лос, Гвинея, латериты обильно насыщены круглыми зёрнами кварца, а на п-ове Кач, Индия, они содержат до 3,5 % NaCl –галита, принесённого с поверхности солёного Качского Ранна.

Латериты, особенно на траппах, образуют чёткие очертания шляп. Часто они имеют вогнутые формы, вмещающие озёра. Такие формы обеспечивают максимально возможный водосбор и фильтрацию его внутри латеритного профиля. Вся поверхность латеритов покрыта плотным войлокоподобным сплетением волосовидных корешков растений и гифов, которые распространяются и вглубь, обеспечивая своё участие в биогеохимических процессах.

Литература

1. Fox C.S. Bauxite and aluminous laterite. London, 1932.
2. Бугельский Ю.Ю. Рудоносные коры выветривания влажных тропиков. М.: Наука, 1979.

УДК 631.4

КАТЕНАРНЫЕ СОПРЯЖЕНИЯ ПОЧВ СКЛОНОВ КАРСТОВЫХ ВОРОНОК КЫЗЫЛАДЫРСКОГО КАРСТОВОГО ПОЛЯ

М.А. Смирнова

МГУ имени М.В. Ломоносова, e-mail: summerija@yandex.ru

Кызыладырское карстовое поле, расположенное на юге Оренбургской области и приуроченное к передовым складкам Урала, уникально в почвенном отношении. В пределах небольших участков территории происходит резкая смена почв, обусловленная сменой почвообразующих пород и широким распространением карстовых явлений – образований провалов и карстовых воронок [1]. Следует отметить, что, несмотря на большое разнообразие почв отмеченной территории, почвы Кызыладырского карстового поля изучены слабо. При этом основное внимание исследователей уделялось отдельным почвам, не связанным ландшафтно-геохимическими процессами друг с другом и формирующимся на разных почвообразующих породах и под разными растительными ассоциациями [2,3,4].

В качестве объектов исследования нами были выбраны 3 почвенных сопряжения, образованные межвороночными почвами и почвами склонов карстовых воронок Кызыладырского карстового поля. Карстовые воронки представляют собой конусообразные асимметричные отрицательные формы рельефа с несколько более длинными склонами С-В экспозиции и более короткими – склонами Ю-З экспозиции. Поверхность склонов слабоволнистая. Днища карстовых воронок осложнены понором. Размеры карстовых воронок, на склонах которых закладывались почвенные разрезы, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Морфологические характеристики карстовых воронок

воронка	Диаметр (м)	Глубина (м)	длина склона (м)	угол наклона (градусы)
OS (малая)	8	2	5	25
OM (средняя)	14	4	10	27
OL (большая)	28	12	24	33

Исследование почв проводилось на склонах С-В экспозиции, разрезы закладывались на межвороночном пространстве, в средней и нижней части склона карстовой воронки (для средней и малой воронок), в верхней, средней и нижней частях (для большой карстовой воронки).

Основной массив карстующихся пород на исследуемой территории представлен сульфатными

отложениями кунгурского яруса пермской системы, перекрытыми с поверхности карбонатными конгломератами, продукты выветривания и перемещения которых выступают в качестве почвообразующих пород для исследованных почв [1,3]. В климатическом отношении территория характеризуется жарким летом со среднеиюльской температурой +22 С° холодной продолжительной зимой с среднеянварской температурой -14 С°, глубина промерзания почв не превышает 1м. Среднегодовое количество осадков составляет около 320 мм/год, режим выпадения осадков неустойчив [5]. Растительность представлена типчаково-полынно-ковыльными степями на межвороночных пространствах, степень проективного покрытия не превышает 40%.

В лабораторных условиях в горизонтах почв определялось содержание органического углерода по методу Тюрина, рН водной суспензии, содержание Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^- в водной вытяжке, TDS водной вытяжки, содержание CaCO_3 газовойolumетрическим методом.

Почвы, формирующиеся на относительно выровненных межвороночных пространствах, получают большее количество солнечной энергии, по сравнению со склоновыми почвами, они более сухи, сильнее нагреваются, глубже промерзают, чем почвы склонов. Эта сухость и связанная с ней большая континентальность определяют ксероморфность почвенного климата указанных участков, постепенно снижающаяся по направлению к нижним частям склонов карстовых воронок. Для всех исследованных почв катенарных сопряжений характерно развитие дернового процесса и присутствие в почве как первичных, так и вторичных карбонатов, однако особенности гумусового и солевого профиля почв заметно изменяются в пределах склонов в связи с указанными изменениями микроклиматических условий. В пределах катенарных сопряжений от почв межвороночных пространств к почвам нижних частей склонов происходит увеличение мощности и гумусированности верхнего горизонта, улучшение его структуры. Светлогумусовый горизонт А1 серовато-палевого цвета угловато-комковатой структуры межвороночных пространств и верхних частей склонов постепенно переходит в темно-серый комковатый стратифицированный горизонт RU нижних частей склонов. Количество органического углерода в верхнем гумусовом горизонте увеличивается в 1,5-2 раза от почв межвороночных пространств к почвам нижних частей склонов с 2-3 % до 3-5% соответственно. Данные изменения прослеживаются как в пределах склона малой карстовой воронки протяженностью 5 м, так и в пределах склона большой карстовой воронки протяженностью 24 м.

Анализ изменения солевого профиля почв катенарных сопряжений в нашей работе, касается, в основном, изменения карбонатного профиля, поскольку морфологические признаки легкорастворимых солей и гипса в почвах отсутствуют, общее содержание легкорастворимых солей не превышает 0,1%. Все исследованные почвы карстовых воронок вскипают с поверхности, карбонатные новообразования в виде псевдомицелия, желтовато-белых прожилок и трубочек, нитевидных налетов, обнаруживаются в верхних горизонтах почв, и не образуют локализованного карбонатного горизонта. В пределах катенарных сопряжений почв по направлению к почвам нижних частей склонов прослеживается тенденция к понижению границы проявления карбонатных новообразований и максимального содержания CaCO_3 на 10-15см, уменьшению абсолютных значений содержания карбонатов. В почвах межвороночных пространств, верхних и средних частей склонов почвообразующая порода, как правило, характеризуется меньшим содержанием CaCO_3 , по сравнению с вышележащими горизонтами. Для этих почв характерны наименее резкие изменения содержания CaCO_3 в пределах профилей почв, значения содержания CaCO_3 , в среднем, колеблются от 5-10% в гумусово-аккумулятивных горизонтах, до 15-30% в переходных к почвообразующей породе горизонтах ВСмс. Наиболее резкие изменения содержания CaCO_3 по профилям почв наблюдаются в почвах нижних частей склонов, где гумусовые стратифицированные горизонты с относительно низким содержанием CaCO_3 (в среднем, около 8%) залегают на продуктах выветривания и переотложения карбонатных конгломератов с содержанием CaCO_3 около 25%. Изменение рН водной суспензии по профилям почв не контрастно, максимальные значения рН водной суспензии приурочены к горизонтам с максимальным содержанием карбонатов и равняются 8,0 – 8,2. Минимальные значения рН водной суспензии характерны для гумусовых горизонтов и, в среднем, составляют 7,6-7,8. Содержание легкорастворимых солей в профилях почв уменьшается по направлению от межвороночных пространств к нижним частям склонов карстовых воронок. Если в нижних горизонтах почв межвороночных пространств содержание легкорастворимых солей может достигать 1%, то в почвах нижних частей склонов общее содержание солей не превышает 0,1%.

Таким образом, описанные катенарные сопряжения почв на склонах карстовых воронок образуют маломощные почвы с гумусовым горизонтом, постепенно переходящим в слабо измененную почвообразующую породу. Срединный горизонт в этих почвах как самостоятельное генетическое образование не выражен, что может быть обусловлено ксероморфностью почв и активным протеканием механической миграции вещества. Почвы межвороночных пространств, верхних и средних частей склонов представлены серогумусовыми почвами с разными формами и разной степенью выраженности карбонатных новообразований, почвы нижних частей склонов - стратоземами темногумусовыми. В заключение можно сделать следующие выводы:

1. Катенарные сопряжения почв на склонах карстовых воронок образуют серогумусовые почвы с разными формами и разной степенью выраженности карбонатных новообразований и стратоземы темногумусовые нижних частей склонов
2. По направлению к нижним частям склонов карстовых воронок происходит увеличение мощности, гумусированности почв, улучшение структуры гумусово-аккумулятивного горизонта
3. Содержание карбонатов и легкорастворимых солей снижается от почв межвороночных пространств к почвам нижних частей склонов в пределах карстовых воронок

Литература

1. Павлейчик В.М. Самсонов В.Б. Особенности условий карстогенеза Кызыладырского поля//Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь: ПГУ, 1997. 226-227
2. Ерохина А.А. Почвы Оренбургской области М.: Изд-во АН СССР. 1959. 164 с.
3. Климентьев А.И., Павлейчик В.М., Чибилев А.А., Грошев И.В., Ложкин И.В., Нестеренко Ю.М. Почвы и ландшафты Кызыладырского карстового поля на Южном Урале // Почвоведение. -2007.- №1.- С. 12-22
4. Климентьев А.И., Чибилев А.А., Блохин Е.В., Грошев И.В. Красная книга почв Оренбургской области. Екатеринбург: УрО РАН. 2001. 295 с.
5. Агроклиматические ресурсы Оренбургской области.-Л.:Гидрометеиздат, 1971. 120 с.

УДК 550.424

ГЕОХИМИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ СУЛЬФИДНО-ВОЛЬФРАМОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

О.К. Смирнова, С.Г. Дорошкевич

Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ, e-mail: meta@gin.bsnet.ru

Освоение минеральных ресурсов сопровождается накоплением значительных объемов отходов горнодобывающего и горнообогатительного производства, которые становятся источниками загрязнения окружающей среды различными химическими элементами. Особенно тяжелы последствия загрязнения почв, поскольку через них происходит питание растений – начальных звеньев трофических цепей экосистем. Для корректной оценки состояния ландшафтов необходимо оценивать подвижность потенциальных токсикантов и процессы, происходящие в системе субстрат-растительность [1].

Район исследований расположен в таежном среднегорье Западного Забайкалья с абсолютными отметками рельефа 900-1500 м и с островной мерзлотой. В пределах горного отвода законсервированного Джидинского сульфидно-вольфрамового месторождения, отработывавшегося с 30-х годов прошлого века подземным и открытым способом, выделены горно-таежные, пойменные и собственно техногенные ландшафты.

Доминируют горно-таежные ландшафты с горными дерново-таежными, дерново-лесными глубокопромерзающими почвами с маломощным гумусовым горизонтом. Реакция почв – слабокислая по всему профилю. Среди пойменных выделены ландшафты с лугово-тальниковой растительностью на аллювиальных луговых почвах и с осоково-полевицево-тальниковым фитоценозом на аллювиальных болотных перегнойно-глеевых глубокопромерзающих почвах. Гумусовый горизонт луговых почв имеет мощность 15-25 см, легко- или среднесуглинистый. По профилю присутствуют признаки оглеения. Реакция почв слабокислая по всему профилю почвы, либо нейтральная или слабощелочная в нижней его части. На участке поймы, дренируемом рудничными водами, содержание в гумусовом горизонте луговой почвы составляет (мг/кг воздушно-сухой почвы): Cu – 230, Zn – 210, Pb – 19, Mo – 2, Cd – 4, Rb – 76, Sr – 350, Zr – 210, Cs – 11, Ba – 580, La – 31, Ce – 58. Установлено значительное увеличение содержания подвижных кислоторастворимых соединений Cu, Zn и Pb в прикорневой почвенной зоне растущих на этом участке злаков по сравнению с их содержанием в общей луговой почве. Болотные перегнойно-глеевые почвы характеризуются наличием в верхней части почвенного профиля перегнойного горизонта мощностью 20-30 см. Нижележащий горизонт представлен минеральной толщей разной степени оглеения. Реакция почв – сильнокислая в верхней части и кислая в нижней части профиля. В ризосфере злаков существенно повышено, по сравнению с общей почвой, валовое содержание Cu, Zn, W, Pb, Mo, Cd, Sb.

Техногенный ландшафт представлен массивами хвостохранилищ. В пределах бывшего намывного хранилища отходов обогащения руд установлено снижение подвижности цинка и меди в грунте и ризосфере злаков и тополя от тыловой части хвостохранилища, сложенной илами, к фронтальной части, представленной крупно- и среднезернистыми песками. Для свинца максимум коэффициента подвижности отмечается в центральной части хвостохранилища в мелкозернистых песках, где развиты песчаные маты – свидетельства деятельности микроорганизмов. В целом значения коэффициентов подвижности металлов в хвостохранилище располагаются в ряд Pb>Zn>Cu в соответствии с ранее установленной последовательностью металлов по степени окисленности их соединений [2]. Общее содержание металлов в поверхностном слое техногенных песков с течением времени снижается, а относительное содержание подвижных их форм увеличивается [3].

Содержание в почвах гумуса, способствующего депонированию металлов в виде металлорганических соединений, является одним из факторов, лимитирующих подвижность химических элементов. Валовое содержание цинка, меди и свинца в болотных почвах и ризосфере их фитоценоза превышает содержание этих металлов в луговых почвах на порядок и более, а содержание органического углерода в болотных почвах в два раза выше, чем в луговых. В то же время, коэффициент подвижности металлов, характеризующий относительное содержание в почве подвижных их форм, значительно ниже в болотных почвах по сравнению с луговыми. В техноземах хвостохранилища содержание органического углерода значительно ниже, а коэффициент подвижности металлов существенно выше, чем в почвах пойменных ландшафтов (таблица).

Доля подвижных форм металлов в отходах обогащения и ризосфере растущих на них растений, примерно равны, тогда как в аллювиальной луговой почве большая доля подвижных форм металлов локализована в ризосфере злаков.

Уровень накопления металлов в растениях и содержание подвижных форм металлов в почвах и технозомах, на которых они росли

Тип субстрата*	Валовое содержание металла в субстрате, мг/кг	КБП** злаков		КБП тополя		К подв.*** металла в субстрате	Содержание в субстрате С орг., %
		корень	лист	корень	лист		
Медь							
ДЛ (фон)	140	0,05	0,04			0,016	3,96
АЛ	104	4,9	0,21			0,012	5,1
АБ	1100	0,025	0,009			0,006	9,5
ТХ-илы	482	0,7	0,05	0,26	0,03	0,19	0,72
ТХ-м/з песок	575	0,4	0,21	0,49	0,05	0,09	0,56
ТХ-к/з песок	421	0,25	0,06	0,2	0,06	0,06	0,82
Цинк							
ДЛ (фон)	103	0,3	0,49			0,024	3,96
АЛ	222	2,1	0,65			0,014	5,1
АБ	2320	0,02	0,008			0,003	9,5
ТХ-илы	570	1,03	0,37	0,7	2,3	0,32	0,72
ТХ-м/з песок	1331	0,41	0,27	0,7	1,03	0,14	0,56
ТХ-к/з песок	1130	0,59	0,27	0,5	2	0,07	0,82
Свинец							
ДЛ (фон)	36,8	0,04	0,01			0,09	3,96
АЛ	37,8	1,9	0,1			0,018	5,1
АБ	2620	0,03	0,002			0,01	9,5
ТХ-илы	1270	0,21	0,02	0,08	0,01	0,22	0,72
ТХ-м/з песок	1636	0,3	0,11	0,5	0,05	0,61	0,56
ТХ-к/з песок	1350	0,34	0,08	0,18	0,08	0,34	0,82

Примечание: * - типы субстрата: ДЛ – почвы дерново-лесные, АЛ – почвы аллювиально-луговые, АБ – почвы аллювиально-болотные; ТХ-илы, ТХ-м/з песок, ТХ-к/з песок – отходы обогащательного производства, складированные в намывном хвостохранилище.

** - КБП – коэффициент биологического поглощения, отношение содержания металла в сухой растительной массе к содержанию его в субстрате из-под растения.

*** - К подв. – коэффициент подвижности химического элемента, отношение содержания подвижной формы его к валовому содержанию.

1. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. Москва: Высшая школа, 1988. 328 с.
2. Смирнова О.К., Сарапулова А.Е., Цыренова А.А. Особенности нахождения тяжелых металлов в геотехногенных ландшафтах Джидинского вольфрамо-молибденового комбината // Геоэкология, 2010, № 4. С. 319-327.
3. Смирнова О.К., Дампилова Б.В. Динамика форм нахождения свинца, цинка, меди и их биодоступность в лежалых хвостах обогащения сульфидно-вольфрамовых руд // Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Современное минералообразование. - Чита: ИПРЭК СО РАН, 2010. С. 58-62.

УДК 631.47

ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ СУПЕРАКВАЛЬНЫХ ПОЧВ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Е.Н. Смоленцева

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, e-mail: parabraunerde@rambler.ru

В пределах восточной части лесостепной зоны Западной Сибири изучались почвы геохимически подчинённых транзитных (Т) и аккумулятивных (А) ландшафтов. Исследования проводились на территории Сокурской равнины, которая в правобережье р.Обь, в междуречье Томи и Ини. Рельеф равнины полого-увалистый, с максимальными абсолютными отметками по водоразделам 240-280 м. Поверхность её сильно расчленена глубоко врезанной древнеэрозионной суходольно-балочной сетью. Строение поверхности равнины привело к преобладанию на её территории субэразальных автономных ландшафтов и автоморфных почв. Они занимают вершины и верхние части пологих склонов мезоповышений. Супераквальные ландшафты

здесь приурочены к склонам и днищам ложбин стока различного порядка. Глубина вреза древнеэрозионной сети значительно варьирует, обуславливая формирование понижений различной морфологии, морфометрии и, соответственно, дополнительных групп ландшафтов с различными условиями миграции веществ. Согласно классификации М.А. Глазовской [1], их можно подразделить на трансэлювиальные (ТЭ), трансаккумулятивные (ТА) и аккумулятивные (А) фации.

В частности, нижние части выпуклых склонов относятся к трансэлювиальным (ТЭ) супераквальным фациям. На фоне влияния грунтовых вод и капиллярно-подпертой влаги к нижним почвенным горизонтам поступают также элементы с внутрпочвенным стоком, а верхние горизонты являются областью выноса. Нижние части вогнутых склонов и днища незамкнутых сухих логов представляют собой как область выноса, так и область частичной аккумуляции, в том числе продуктов твёрдого стока, и относятся к ТА фациям. Таким образом, почвы супераквальных ландшафтов формируются в сложных ландшафтно-геохимических условиях, характеризующихся различным соотношением интенсивности выноса и аккумуляции веществ с твёрдым и жидким стоком. Важная роль в процессах перемещения вещества принадлежит склоновым процессам.

Почвенный покров геохимически автономных субэкральных ландшафтов образуют чернозёмы глинисто-иллювиальные, чернозёмы миграционно-мицелярные и тёмно-серые почвы [2]. Все названные почвы относятся, согласно классификации М.А. Глазовской [3], к кислотно-щелочной фульватно-гуматной субэкральной геохимической ассоциации почв. В геохимически подчинённых ландшафтах развиваются преимущественно кислотно-щелочные супераквальные почвы. На территории Сокурской равнины к ним относятся тёмно-серые квазиглееватые, тёмно-серые глеевые, тёмно-гумусово-глеевые, чернозёмы квазиглееватые, гумусово-квазиглеевые, перегнойно-квазиглеевые а также стратозёмы и аллювиальные почвы [2].

Супераквальные почвы обладают специфическими особенностями, обусловленными их ландшафтно-геохимическим положением. Они характеризуются хорошо развитым гумусовым профилем и высокими запасами в нём органического углерода, а также гидрогенной трансформацией нижней части профиля. Профиль супераквальных почв, аналогично почвам субэкральных ландшафтов, делится на две физико-химические зоны: нейтрально-слабокислую (бескарбонатную) и щелочную (карбонатную). Реакция среды верхней зоны близка к нейтральной, слабокислая или даже кислая (табл. 1). Вниз по профилю она нейтрализуется и в нижних горизонтах становится щелочной. Содержание карбонатов в карбонатосодержащих и омергеленных горизонтах составляет 6,3-18,0%. Максимальное их содержание типично для супераквальных почв аккумулятивных фаций ландшафта.

Внутрпрофильное распределение поглощённых оснований в супераквальных почвах свидетельствует о том, что в них аккумулируется биогенно обменный кальций. В нижних горизонтах возрастает доля обменного магния, что хорошо подчёркивается отношением кальция к магнию (табл. 1). Все супераквальные почвы характеризуются высоким и очень высоким содержанием гумуса в верхнем горизонте. Профильное распределение гумуса в метровой толще резко убывающее. Почвы ТА и А ландшафтов (Р.26, 37) обладают очень высокими запасами гумуса: в верхнем слое (0-20 см) они составляют 203-240 т/га, в метровой толще – 684-803 т/га. Однако для почв А ландшафтов столь высокое накопление гумуса происходит за счет аккумуляции грубого органического материала (перегноя или торфа).

Супераквальные почвы трансэлювиальных фаций ландшафта, не испытывающие привноса вещества с твёрдым стоком, имеют определённое сходство с почвами субэкральных ландшафтов (внутрпрофильное распределение ила и физической глины, гумусовый профиль, текстурная дифференциация). Отличаются они гидрогенной аккумуляцией типоморфных веществ (карбонатов, окисных и закисных форм железа) в нижней части профиля.

Супераквальные почвы трансаккумулятивных фаций ландшафта характеризуются гетерогенным строением профиля, часто с включением погребённых гумусовых горизонтов. Гетерогенность профиля отчётливо диагностируется по характеру распределения ила, физической глины, органического углерода, отдельных компонентов гумуса. Она обусловлена с поступлением материала из вышележащих ландшафтов в результате склоновых процессов. Именно склоновые процессы, в отличие от эрозионно-аккумулятивных, могут формировать отложения без четко выраженной слоистости, так как при этом может перемещаться ненарушенная толща почвы или породы. Причиной их служит избыточное увлажнение почвенно-грунтовой толщи в нижних частях склонов суходольно-балочной сети. В местах аккумуляции твёрдого материала образуются стратифицированные гумусовые горизонты, и соответственно, формируются стратифицированные подтипы почв и даже стратозёмы (табл. 1, Р.26).

Для супераквальных почв аккумулятивных фаций характерно более интенсивное накопление органического углерода – образование органогенных (перегнойных и (или) отрофованных) горизонтов, что обусловило специфический характер гумусового профиля. В этих почвах происходит также аккумуляция неорганического углерода – в виде гидрогенной аккумуляции карбонатов.

Супераквальные почвы часто включают погребённые гумусовые горизонты и кротовины. С точки зрения педолитогенеза [4] они относятся к педолитам. Первые являются фоссиллизационными поверхностно-почвенными неопедолитами. Кротовины, можно отнести к фоссиллизационным глубокопочвенным неопедолитам. В профилях почв ТЭ ландшафтов встречаются также и палеопедолиты [5]. Это сплошные или фрагментарные включения гумусированного почвенного материала на глубине 120-180 см.

Свойства супераквальных почв Сокурской равнины

Гори-зонт	Глубина образца, см	рН суспензии		Обменные катионы			Сорг,%	Сгк/Сфк	Ил, %	Физ. глина, %
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺ / Mg ²⁺				
		H ₂ O	KCl	мг-экв на 100 г почвы						
Р. 35. Тёмно-серая квазиглееватая потёчно-гумусовая (ТЭ)										
AU	0-10	6,1	5,7	32,7	4,8	6,8	7,0	2,0	15,1	46,3
AU	10-20	6,1	5,6	31,2	4,2	7,5	5,5	2,1	28,3	49,3
AU	30-40	6,3	5,4	25,5	3,2	8,1	2,4	1,0	32,7	55,9
BThi	55-65	6,6	5,3	19,7	3,8	5,2	0,38	0,6	39,2	59,0
BThi	85-95	6,8	5,4	20,9	3,6	5,7	0,32	0,6	33,0	56,9
BTq	110-120	7,2	6,0	21,2	3,1	6,7	0,4	0,3	33,6	54,8
Cqca	130-140	8,2	7,2	-*	-	-	0,2	-	26,2	46,0
Cqml	170-180	8,4	7,2	-	-	-	0,2	-	24,4	40,5
Р. 7. Гумусово-квазиглеевая типичная (ТА)										
AU	0-10	5,7	5,1	38,8	6,0	6,5	8,2	0,6	17,5	40,3
AU	10-20	6,1	5,5	37,2	5,2	7,2	4,8	3,3	34,8	45,0
AU	30-40	6,8	6,2	32,9	6,9	4,7	2,5	1,0	21,5	63,3
Q	66-76	7,0	6,2	24,6	6,7	3,7	0,7	0,8	35,4	51,1
CQ	90-100	6,9	5,9	24,9	7,0	3,6	0,4	0,6	40,6	59,3
Р. 26. Стратозём тёмно-гумусовый на гумусово-квазиглеевой почве (ТА)										
RU	0-10	6,2	5,5	54,9	6,9	8,0	8,3	1,2	14,5	31,7
RU	20-30	6,7	6,0	51,5	7,0	7,4	6,7	1,9	20,0	48,9
RU	40-50	7,2	6,5	48,7	7,6	6,4	4,7	1,3	26,3	51,5
[AUg]	60-70	7,5	6,7	32,5	6,7	4,9	2,0	2,0	18,4	42,9
[Q]	90-100	7,6	6,6	25,2	6,0	4,2	0,9	1,9	27,4	50,3
[CQml]	140-150	8,2	7,6	-	-	-	0,2	-	21,4	36,9
Р. 27. Тёмно-серая глеевая типичная (ТА)										
AU	0-10	5,4	4,8	21,3	2,4	8,9	4,1	1,5	14,7	41,7
AU	25-35	6,0	5,2	20,6	1,9	11,0	2,2	0,4	18,0	44,0
AUe	40-48	6,1	5,3	19,4	1,8	11,1	1,9	0,4	18,6	42,3
BELg	50-60	6,2	5,3	16,1	1,6	10,2	0,8	0,1	19,2	40,8
BTg	70-80	6,6	5,3	20,1	2,7	7,5	0,3	0,2	31,0	45,1
G	90-100	7,0	5,9	18,2	2,3	8,0	0,1	-	22,6	47,8
CG	140-150	7,4	6,4	16,1	1,8	9,2	0,1	-	25,0	39,1
Р. 36. Гумусово-квазиглеевая омергеленная (ТА)										
AU	0-10	5,3	4,7	28,7	4,4	6,5	6,7	1,3	13,4	42,6
AU	15-25	5,9	5,2	25,2	4,9	5,2	4,2	1,5	21,3	52,5
AU	30-38	6,7	5,8	22,8	5,8	3,9	1,6	0,2	36,2	59,1
Bq	60-70	7,9	6,8	18,1	6,7	2,7	0,4	0,5	35,2	58,8
Qml	100-110	8,4	7,3	-	-	-	0,2	-	25,0	41,9
CQml	130-140	8,4	7,5	-	-	-	0,2	-	20,6	33,3
Р. 37. Перегнойно-квазиглеевая типичная (А)										
H	0-10	7,3	7,0	110,4	19,4	5,7	81,8**	0,7	-	-
H	30-40	7,1	6,8	36,3	15,2	2,4	60,7**	1,5	-	-
AUq	47-57	7,5	6,8	35,2	8,0	4,4	4,1	2,3	32,2	58,4
Bq	65-75	7,6	6,5	20,6	6,3	3,3	1,7	0,7	26,4	53,7
Q	90-100	7,5	6,5	17,4	5,4	3,2	1,0	0,7	33,2	55,5
CQ	110-120	8,3	7,3	16,9	5,8	2,9	0,2	н/о	24,6	41,5

*- не определяли; ** – потеря при прокаливании.

Литература

1. Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследований в ландшафтах. М.: Изд-во МГУ. 1964. 200 с.
2. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Изд-во «Ойкумена». 2004. 342 с.
3. Глазовская М.А. Почвы мира. Основные семейства и типы почв. М.: Изд-во МГУ. 1972. 233 с.
4. Глазовская М.А. Педолитогенез и накопление органического углерода в четвертичных покровах

- равнин Евразии // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1996. № 5. С.21-32.
 5. Смоленцева Е.Н. Педолиты в почвах транзитных ландшафтов Сокурской равнины. Вестник ТГУ. 2005. №15. с.78-80.

УДК 551.4:911.2

**ВНУТРИВЕКОВЫЕ ЦИКЛЫ МИГРАЦИИ ВЕЩЕСТВА В СТЕПНЫХ
 ГЕОСИСТЕМАХ ЗАБАЙКАЛЬЯ**

В.А. Снытко, О.И. Баженова, Г.Н. Мартыанова, С.С. Дубынина

Институт географии имени В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, e-mail: vsnytko@yandex.ru

Холодные степи Юго-Восточного Забайкалья, относящиеся к Центрально-Азиатской физико-географической области, в первом приближении можно считать аналогом перигляциальных степей плейстоцена. Познавание временной организации степных геосистем Центральной Азии представляет большой интерес для палеореконструкций эволюции природной среды и прогнозных оценок хода природных процессов. Большую роль в изучении эволюции геосистем играет анализ ландшафтно-геохимических процессов и циклов миграции вещества.

Географический синтез материалов изучения степных геосистем во времени на базе Харанорского физико-географического стационара в Забайкалье [1-4] позволил выявить закономерности временной организации процессов миграции вещества в степном ландшафте. Установлено, что перемещение вещества происходит строго определенным образом в соответствии со структурой климатических колебаний. Для исследуемой территории характерен противофазный ход тепла и влаги, который проявляется в структуре климатических колебаний различного иерархического уровня. Среди них наиболее хорошо выражены циклы Брикнера с частотой колебаний от 27 до 38 лет, которыми описываются вековые колебания холодных - влажных и теплых - сухих фаз климата на протяжении XIX – XX вв. и за более продолжительный 1900 – летний интервал времени [1, 5, 6]. В круговороте вещества также четко выделяются внутривековые циклы продолжительностью 27-35 лет, включающие зональную фазу интеграции вещества в системах и фазы экстремального выноса вещества из элементарных геосистем (малых литосборных бассейнов).

Рассмотрим внутривековую последовательность смены динамических фаз миграции вещества на примере малого литосборного бассейна, расположенного в отрогах Нерчинского хребта. Внутривековой цикл состоит из трех динамических фаз, которые следуют друг за другом в определенном порядке и различаются между собой дальним или ближним транспортом вещества, уровнем интенсивности и структурой процессов. Каждая фаза описывается своим набором признаков или параметров, сохраняющихся некоторое время. Для каждой фазы характерно свое особое соотношение динамических, литологических и морфологических параметров миграции вещества. Материалы стационарных исследований и данные Росгидромета позволяют дать достаточно подробную характеристику фаз, которые представлены в таблице.

В зональную фазу интеграции вещества в системе, составляющую около 70% от продолжительности внутривекового цикла, происходит обмен веществом и энергией между элементами системы, при этом вынос вещества из системы незначителен. Интегрирующим элементом систем выступают днища падей, долин малых рек, бессточных озерных котловин. Фаза характеризуется умеренной интенсивностью перемещения вещества и большим спектром процессов, участвующих в горизонтальной и вертикальной миграции. Эоловыми процессами за лето перемещается до 10 т органического углерода и до 1 т азота.

Таблица 1

Показатели миграции вещества в различные фазы цикла

Показатели	Фазы		
	экстремальная аридная	нормальная зональная	экстремальная перигляциальная
Годовая сумма осадков, мм	100-200	200-350	400-450
Фитомасса, г/м ² : зеленая часть степной войлок	85-95 80 - 90	100-115 150	120-130 150-200
Количество пыльных бурь и поземок	14,4	4-6	1
Количество дней с ливнями	3,5	7-14	18,0
Сток воды на склонах, мм	0,15	0,30-0,50	Более 0,70

Модуль стока взвешенных наносов, т/км ² ·год	Менее 8	8-22	25 – 158,0
Приrost оврагов линейный, м площадной, м ²	0 0	0-0,3 0-5	0,3-1,0 5-10
Интенсивность криоморфогенеза Криогенные процессы	Слабая Морозобойное растрескивание	Умеренная Пучение грунта, наледообразование	Высокая Нивация, пучение грунта, наледообразование, криогенная сортировка грунтов
Массовое смещение грунтов	Десерпция	Дефлюкция	Солифлюкция

Для фазы характерен активный зоогенный вынос рыхлого материала на поверхность склонов, составляющий в среднем 1-4 т/га в год.

Резкий рост увлажненности территории дает импульс для перехода системы в новое качественное состояние – экстремальную перигляциальную фазу дальнего транспорта вещества. Фаза занимает около 8 % продолжительности внутривекового цикла. Она приурочена к пикам высокого увлажнения, которые отмечались в 1936-1937, 1941, 1962-1963, 1989-1990 и 1998 гг. Уровень Торейских озер в эти годы был высоким. Вынос вещества из системы осуществляется флювиальными потоками, формирующимися в результате таяния родниковых наледей и ливневого стока при резкой активизации солифлюкционно-наледных процессов. При этом в зоне вогнутой перегибов склонов у подножий уступов педиментов «подновляются» мерзлотные забои и происходит солифлюкционный вынос мелкозема в днища падей. На педиментах активны дефлюкция и струйчатый смыл.

При снижении увлажнения до минимума система вступает в следующую, заключительную фазу функционирования – экстремальную аридную фазу эолового выноса вещества из системы в условиях разреженного травостоя и сильного иссушения верхнего горизонта почв, чему способствуют суховеи. Эоловый материал поступает в область транзита и аккумуляции вещества обширной восточноазиатской эоловой морфодинамической системы.

Таким образом, в результате чередования во времени перигляциальных и аридных экстремальных фаз дальнего транспорта вещества с примерно одинаковым объемом удаленного вещества с привершинных и долинных участков в системе сохраняется динамическое равновесие. Эти фазы следует рассматривать в качестве инвариантов временного варьирования всего многообразия взаимодействующих друг с другом в пространстве литодинамических, геохимических и биологических потоков вещества.

Литература

1. Изучение степных геосистем во времени. – Н.: Наука. – 1976. – 238 с.
2. Снытко В.А. Геохимические исследования метаболизма в геосистемах. – Новосибирск: Наука. – 1978. – 149 с.
3. Вещество в степных геосистемах. – Новосибирск: Наука. – 1984. – 159 с.
4. Баженова О.И. Внутривековая организация систем экзогенного рельефообразования в степях Центральной Азии // География и природные ресурсы. -2007.- № 3. – С.116-125.
5. Обязов В.А. Адаптация к изменениям климата: региональный подход // География и природные ресурсы. – 2010. № 2. – С.34-39.
6. Птицын А.Б., Решетова С.А., Бабич В.В., Дарьин А.В. и др. Хронология палеоклимата и тенденции аридизации в Забайкалье за последние 1900 лет // География и природные ресурсы. – 2010. - № 2. – С. 85-89.

УДК 630.114

ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЧВ И НАСАЖДЕНИЙ БРЯНСКОГО ЛЕСНОГО МАССИВА

Л.А. Соколов, М.Н. Неруш

Брянская государственная инженерно-технологическая академия, Брянск, e-mail: ihf_bryansk@mail.ru

В центре Русской равнины, в пределах бассейна реки Десна, на границе природных зон и Великих материковых оледенений располагается уникальный природный объект – Брянский лесной массив (БЛМ) с центральным ядром – территорией Опытного лесничества. Уникальность БЛМ и составляющих его компонентов отмечена в трудах великих исследователей природы: Г.Ф. Морозова [1], П.А. Земятченского [2], В.Н. Сукачева [3], И.В. Тюрина [4], Н.П. Ремезова [5], А.А. Роде [6]. Еще в начале прошлого века отмечалось влияние сложного рельефа, особенностей геологического строения местности, уровня и химизма грунтовых

вод на характер почвообразования, состав и продуктивность лесных насаждений. Опытное лесничество, как и вся территория БЛМ, размещается в пределах восточной краевой зоны Днепровского оледенения на хорошо развитых террасах реки Десна. Лесные насаждения, преимущественно борového типа, располагаются на редких останцах срезанной Днепровским ледником IV террасы, а основная их часть – на размытой флювиогляциальными потоками во время отступления ледника III террасе реки Десны (абс. отм. 177-186 м). Территория представлена поверхностью врезанных в долину Десны террас притоков – Снежети и Свени, усложненной невысокими дюнными всхолмлениями (абс. отм. 186-191 м). Развитые здесь подзолистые и слабо-дерново-сильноподзолистые почвы сформированы на мощных (3-3,5 м) переветренных песчаных отложениях, отличаются сильноокислой реакцией среды, pH_{KCl} 3,5-4,0; малогумусны, в 0-10 см слое 1-1,5% по Тюрину. Имеют низкое содержание подвижных элементов питания P_2O_5 2-5; K_2O 0,5-1,5 мг/100 почвы по Кирсанову. Степень насыщенности основаниями 45-60%. Грунтовые воды залегают глубоко и слабо минерализованы. Такие условия определяют в основном тип условий местопроизрастания A_2 , где произрастают сосняки брусничники II класса бонитета с запасом древесины к возрасту 100-120 лет ~ 300 м³/га при полноте 0,6 (кв.43). На выположенной водораздельной поверхности мощность флювиогляциальных отложений менее значительна (1,5-2 м). В почвообразование вовлекаются обогащенные K_2O (>10 мг) и P_2O_5 (>25 мг/100 г почвы) пылеватые кварцево-глауконитовые пески морского генезиса. Дерновоподзолистые почвы становятся менее кислыми pH_{KCl} 4,0-5,0. Тип условий местопроизрастания богаче и соответствует субори - B_2 . В составе представленных здесь сосняков брусничников появляется значительная примесь березы и единично ель. Насаждения растут по I классу бонитета и при полноте 0,6 уже к 60 годам приобретают запас древостоя в 300 м³/га (кв.51).

Однако наивысшей продуктивности почвы и насаждения Опытного лесничества достигают на хорошо выраженном вытянутом по длине (до 500 м) склоне от водораздела к пониженным террасам. Территория верхней и средней части склона покрыта наиболее продуктивными, разнообразного, часто сложного состава насаждениями. Верхняя, цокольная часть склона покрыта сложными субориями - $C_{2,3}$ и представлена дерново-подзолистыми почвами развитыми на неглубоких, до 1-1,5 метров флювиогляциальных песках подстилаемых кварцево-глауконитовыми песками с включениями фосфоритов, опесчаненной морены и альбским слюдястым суглинком. Близкое присутствие богатых элементами питания пород, подстилающих бедную кварцевую толщу дало возможность произрастающим здесь сложным двухярусным сосново-еловым с примесью липы и клена насаждениям расти по I^a классу бонитета. К 180 годам насаждение достигает суммарного запаса стволовой древесины 670 м³/га и высоты деревьев в 40 метров (кв.30). Приближение к поверхности на склоновых элементах рельефа к рекам сильноминерализованных грунтовых вод, мигрирующих по породам мелового возраста на фоне подстилания богатыми элементами питания горных пород создало условия для развития дубравных типов местообитания. Глубоко-дерновые слабоподзолистые почвы развитые на многочленных отложениях, имеют здесь наивысший лесорастительный эффект, формируя многоярусные сложного состава влажные дубравы I класса бонитета (кв. 48, 82). Комплексные исследования почв и насаждений ядра БЛМ – территории Опытного лесничества свидетельствуют об определяющем влиянии характера почвообразующих и подстилающих пород, близости расположения и степени минерализации грунтовых вод на состав и продуктивность произрастающих здесь древостоев.

Литература

1. Морозов Г.Ф. К вопросу об образовании опытного лесничества в Брянских лесах // Лесн. журн. 1906. №3. - С.283-293.
2. Земятченский П.А. Отчет по исследованию геологии и почв в Брянском лесном массиве // Тр. по лесн. опыт. Делу в России. 1907. Вып.6. - С. 1-46.
3. Сукачев В.Н. Лесные формации и их взаимоотношения в Брянских лесах // Тр. по лесн. опыт. Делу в России. 1908. Вып. 9. – С. 1-61.
4. Тюрин И.В. План почв Учебно-Опытной лесной дачи масштаба 1:10 000. Брянск, 1915.
5. Ремезов Н.П. Обзор результатов научно-исследовательской работы кафедры почвоведения Брянского лесного института за 5 лет // Почвоведение. 1938. № 7 -8. - С. 1069-1076.
6. Роде А.А. Режим почвенно-грунтовых вод Брянского учебно-опытного лесничества и его связь с почвообразованием и насаждениями. Брян. лесн. ин-т, 1940. - с.48 (рукопись).

УДК 631.411.6

АНТИСТРЕССОВОЕ И РОСТСТИМУЛИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ГУМАТОВ НА РАСТЕНИЯ ПРИ РЕМЕДИАЦИИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ГОРОДСКИХ ПОЧВ

Д.С. Соколова, С.Я. Трофимов, А.А. Степанов

*Факультет почвоведения МГУ им. М.В.Ломоносова, 119899, ГСП-2, Москва, Ленинские горы,
e-mail: strofimov@inbox.ru.*

Высокая положительная отзывчивость почв и растений на применение гуматов в полевых и лабораторных экспериментах обусловила большой интерес к производству коммерческих гуматов во всем мире. Наиболее сильный эффект гуматов проявляется при неблагоприятных условиях окружающей среды: при недостаточной или избыточной влажности, низких температурах, недостаточной освещенности или при загрязнении тяжелыми металлами, радионуклидами или органическими поллютантами, так как гуматы, блокируя токсиканты в почвах, и благодаря физиологически-активному и протекторному действию повышают устойчивость растений к воздействию неблагоприятных факторов среды.

На кафедре химии почв факультета почвоведения Московского университета с 2008 г ведутся исследования гуминовых препаратов с целью оценки возможности их применения для детоксикации и ремедиации загрязненных городских почв.

Эффективность действия гуматов была экспериментально подтверждена нами в ходе полевых экспериментов проводимых с 2009 года на участках примагистрального озеленения. В качестве объекта исследования были выбраны три опытные площадки, расположенные вдоль дорог: участки газона вдоль Ломоносовского и Нахимовского проспектов и Каширского шоссе. На каждой точке закладывалось по шесть делянок, с использованием четырех препаратов гуматов: препараты на основе бурого угля «Гуми-20» и «Экстра» и препараты на основе торфа «Флексом» и «ЭкоОрганика».

На рисунке 1 представлены результаты определения биомассы растений на опытных участках газонов. Биомасса на делянках, обработанных гуматами, в большинстве случаев значительно превышает биомассу на контрольных участках (не менее чем в 1.5-2 раза, а на отдельных делянках, обработанных гуматами из торфа в 4-8 раза).

Проведенные лабораторные и микрополевые опыты позволили выявить эффективные дозы гуматов для применения в качестве детоксикантов городских почв. Установлено, что двукратная обработка вегетирующих растений (первая – через неделю после появления всходов, вторая – через две недели после первой обработки) опрыскиванием из расчета 10 л/м² 0,02% раствором для гуматов из торфа или 0,01% раствором для гуматов из бурого угля снимает токсическое воздействие хлорида натрия и дизельного топлива в исходных концентрациях до 10 000 мг/кг.

Высокая конкуренция на рынке коммерческих гуминовых препаратов у нас в стране и в большинстве развитых стран диктует насущную потребность в улучшении качества и повышении эффективности производимых гуматов. Существует несколько путей решения данной проблемы. Один из них – введение в состав гуминовых препаратов различных минеральных и органических добавок, микроэлементов, различных штаммов микроорганизмов. Однако гораздо более перспективным представляется глубокая модификация выпускаемых препаратов путем изменения фракционного состава самих гуминовых кислот – избавление от балластных компонентов и увеличение доли биохимически и физиологически-активных ГК и ФК. Данная идея была положена в основу серии экспериментальных работ (лабораторных, вегетационных и полевых опытов), проводимых на кафедре химии почв факультета почвоведения МГУ в 2009-2010 гг. В качестве объекта

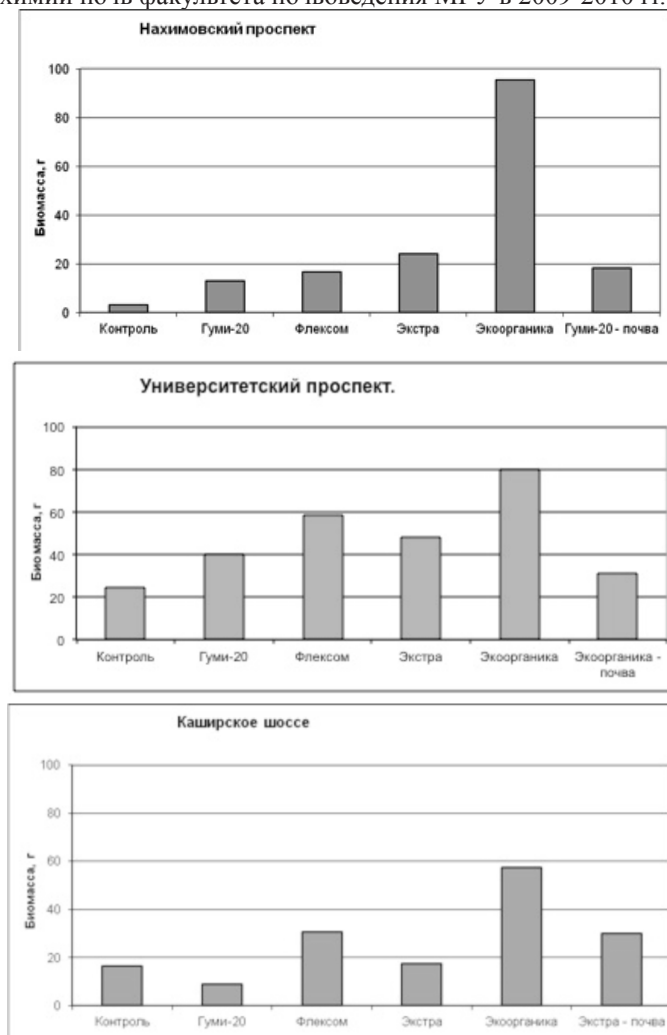


Рис. 1. Учет биомассы растений на участках газона вдоль автодорог г. Москвы

модификации был выбран гуминовый препарат из бурого угля производства ООО НВЦ «Агротехнологии». Разработанная нами методика позволила кардинально изменить соотношение амфифильных фракций гуминовых веществ в составе препарата, получившего название «Экстра-growth».

Полевые испытания, проводимые на опытных делянках с комплексным загрязнением почвы хлоридами, тяжелыми металлами и нефтепродуктами, показали, что применение гуминового препарата «Экстра-growth» увеличивало биомассу растений не менее, чем в 30 раз по сравнению с загрязненным контролем и почти в 2 раза по сравнению с действием исходного препарата «Экстра». В полевых опытах на незагрязненной почве обработка семян и проростков газонных трав препаратом «Экстра-growth» увеличивало биомассу растений соответственно в 2,5 и 3 раза по сравнению с действием исходного препарата «Экстра».

Таким образом, результаты проведенных исследований подтверждают высокую эффективность «Экстра-growth» как стимулятора роста растений и антистрессового препарата, позволяющего нивелировать (или в значительной степени снижать) токсическое действие на растения различных загрязнителей на загрязненных территориях.

УДК 550.4:550.84

ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ УРОЧИЩА БАРСОВА ГОРА И ОКРЕСТНОСТЕЙ (СРЕДНЕЕ ПРИОБЬЕ)

Е.П. Сорокина (1), Н.Б. Левина (1), В.А. Ткаченко (1), В.Н. Тюрин (2)

(1) ФГУНПП «Аэрогеология», Москва, e-mail: Liza@aerogeologia.ru

(2) ООО «Гиперборея», Сургут, e-mail: tyurin_vn@mail.ru

Одним из важных этапов экологической оценки территории является ее дифференциация с выделением внутренне однородных участков, для которых проводится определение экологических показателей. Использование при этом методов геохимии ландшафта весьма эффективно, т.к. обеспечивает комплексное исследование всех компонентов природной среды с точки зрения миграции химических элементов. Этот подход приобретает особую актуальность при оценке загрязнения территорий, затронутых техногенным воздействием.

В данной работе изложен опыт ландшафтно-геохимического анализа участка Среднего Приобья к западу от Сургута, куда входит уникальный природный объект – урочище Барсова Гора. Само урочище находится на правом берегу р. Оби и по форме представляет собой вытянутое вдоль поймы Оби возвышение протяженностью 7 км, площадью 13,5 км². В геологическом плане – это фрагмент полосы краевых ледниковых образований, сильно переработанный экзогенными процессами. Значение этой территории определяется геологическими особенностями, наличием уникальных для таежной зоны Западной Сибири крупнотравных лесов и редких видов растений, а также большим скоплением объектов археологии с раннего неолита [1].

Специальные исследования в пределах Барсовой Горы и ее окрестностей проведены на площади 85 км². Для этой территории составлена цифровая модель рельефа (ЦМР); при ее подготовке использованы данные с топографических карт масштаба 1:5000 с сечением горизонталей 1,0 м. При обработке ЦМР получен ряд морфометрических характеристик: углы наклона склонов, их экспозиция, сеть тальвегов, степень горизонтальной расчлененности рельефа [2].

На основании анализа полевых материалов и ЦМР составлена карта условий миграции химических элементов (масштаб 1:25000) с использованием принципов геохимической классификации ландшафтов, разработанных А.И. Перельманом [3] и М.А. Глазовской [4,5], с учетом современных представлений ландшафтоведения [6].

На карте показаны геохимические ландшафты (ГХЛ) и их структурные подразделения – элементарные ландшафты (ЭЛ).

Вся территория участка находится в границах таежного типа (среднетаежного подтипа) геохимических ландшафтов; класс ландшафта кислый и кислый глеевый. Дифференциация ландшафтов выявляется на родовом и видовом уровне. Выделены следующие роды геохимических ландшафтов: I - низменная ледниковая и водно-ледниковая равнина; II - низменная водно-ледниковая равнины; III - низменная озерно-аллювиальная равнина; IV - пойма р. Оби и ее крупных притоков.

Основное содержание карты составляют структурные элементы геохимических ландшафтов – ЭЛ. Группы ЭЛ различаются по обстановкам водной миграции:

- кислая окислительная (Н) с автоморфным режимом увлажнения (А); почвы - подзолы иллювиально-железистые;

- кислая и кислая глеевая окислительно-восстановительная (Н, Н-Fe) с полугидроморфным режимом увлажнения (АГ); индикаторы – подзолы глеевые и торфяно-подзолисто-глеевые почвы;

- кислая глеевая восстановительная обстановка (Н-Fe) с гидроморфным режимом увлажнения (Г) приурочена к болотам; почвы-индикаторы – глееземы торфянистые и торфяные, торфяные болотные (верховые, низинные и переходные);

- кислая и кислая глеевая окислительно-восстановительная сезонно изменчивая обстановка (Н/Н-Fe) с периодически гидроморфным режимом увлажнения (ПГ) приурочена к поймам рек; индикатор - аллювиальные почвы дерново-глеевые и оподзоленные.

В пределах перечисленных групп выделяются виды ЭЛ, привязанные к определенным местоположениям: автономные элювиальные, элювиально-аккумулятивные, трансэлювиальные, трансэлювиально-аккумулятивные. Конечные звенья катен представлены следующими видами ЭЛ: транзитными тальвегов и днищ ложбин, транзитными супераквальными пойм рек и ручьев и супераквальными понижений у подножья склонов.

Создание карты условий миграции позволило провести качественный и количественный анализ структуры ГХЛ. Одной из главных задач такого анализа является характеристика *геохимического сопряжения (ландшафтно-геохимической катены)* - закономерного сочетания элементарных ландшафтов от водораздела к депрессии рельефа. Дополнительно определяются количественные показатели:

- состав доминирующих и второстепенных ЭЛ (в % от площади ГХЛ);
- соотношение площадей ЭЛ с разным режимом увлажнения;
- степень техногенной нарушенности территории;
- морфометрические характеристики рельефа: абсолютные высоты, крутизна и экспозиция склонов, расчлененность рельефа.

С учетом возможной внутренней неоднородности ГХЛ, эти крупные таксоны регионального уровня дополнительно подразделяются на блоки - так называемые *местные геохимические ландшафты* (МГХЛ), сохраняющие все свойства ГХЛ, в том числе полный состав ландшафтно-геохимической катены. Для водораздельных территорий границы блоков проводятся по малым рекам, а сами МГХЛ соответствуют основным междуречьям. В понижениях макрорельефа к МГХЛ могут относиться болотные массивы, пойменные острова и т.д. При анализе МГХЛ рассматриваются в качестве основных расчетных единиц, своеобразных «микрорайонов».

В пределах исследуемого участка всего выделено 15 МГХЛ, по ним проведена дифференцированная количественная оценка территории.

Результаты расчетов по некоторым из показателей приведены в таблице 1, где наглядно показаны различия в структуре ГХЛ и степень их внутренней однородности. При этом ГХЛ I, совпадающий в своем распространении с основным контуром урочища, представляет своеобразный «остров», который на фоне избыточно увлажненной территории Приобья отличается явным преобладанием ЭЛ с автоморфным режимом увлажнения и кислой окислительной обстановкой водной миграции (80 - 90% площади). МГХЛ I-4 выделяется повышенной расчлененностью и крутизной склонов, значительной долей склонов «теплых» экспозиций (17% площади), относительно высокой долей площади трансэлювиальных ЭЛ, связанных с выходами супесчано-суглинистых ледниковых отложений. Морена, содержащая в качестве отторженцев породы палеогена, определяет относительное обогащение формирующихся почв жизненно необходимыми элементами (Mg, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn) по сравнению с песчаными почвами. Все эти факторы приводят к формированию на южных склонах «экзотической» группы ЭЛ крупнотравных лесов с редкими видами растений, с развитием таежных неоподзоленных почв.

Таким образом, количественная характеристика территории по «микрорайонам» - МГХЛ - позволяет провести дифференциацию участка по условиям миграции химических элементов. По соотношению ЭЛ с разными режимами увлажнения оценивается способность ландшафтов к самоочищению от загрязняющих веществ. Это определяет значение ландшафтно-геохимической карты для экологической оценки территории.

Таблица 1

Характеристика геохимических ландшафтов (ГХЛ) и входящих в их состав местных геохимических ландшафтов (МГХЛ) по показателям условий миграции химических элементов

Индекс ГХЛ	Индекс МГХЛ	Преобладающая абс. высота (м)	Средние уклоны (о)	Структура ландшафта					«Теплые» ЮВ экспозиции склонов >2° (% от площади)	Техногенные ландшафты (% от площади)
				Режимы увлажнения (% от площади)*						
				А	АГ	Г	ПГ	В		
I	ГХЛ	52-64	2,0	90,7	4,5	0,5	0,0	0,1	9,7	
	I-1	52-58	1,9	79,4	17,8	2,8	0,0	0,0	8,4	25,7
	I-2	54-58	1,8	96,6	2,4	0,0	0,0	0,1	11,4	15,1
	I-3	56-60	1,4	92,8	1,1	0,0	0,0	0,1	6,4	22,9
	I-4	58-64	3,0	87,7	1,3	0,0	0,0	0,0	17,2	50,8
II	ГХЛ	50-66	1,4	60,8	18,5	16	0,0	0,0	4,8	
	II-5	56-60	2	98,7	1,3	0,0	0,0	0,0	22,1	0,0
	II-6	52-56	2	86,3	10,5	3,3	0,0	0,0	13,5	2,5
	II-7	48-52	2,5	85,9	3,5	10	0,0	0,0	14,3	0,0
	II-8	52-56	0,65	34,3	18,5	47	0,0	0,0	4,0	0,0
	II-9	62-66	0,55	70,5	13,8	7,8	0,0	0,0	1,1	37,0
	II-10	52-56	0,8	30,2	34,7	32	0,0	0,0	4,0	45,6

III	ГХЛ	36-44	1,4	63,5	16,3	16	1,4	1,8	5,4	
	III-11	36-44	0,83	51,7	22,7	24	0,0	1,1	3,9	30,5
	III-12	38-42	1,5	71,3	15,0	11	0,0	0,0	7,5	14,4
	III-13	36-42	2	88,0	0,0	0,0	6,5	5,5	7,3	80,7
IV	ГХЛ	30-34	0,75	0,1	0,2	25	61	12	3,7	
	IV-14	30-34	0,8	0,3	0,5	57	31	9,7	3,3	25,3
	IV-15	30-34	0,7	0,0	0,0	0,0	81	19	4,1	27,8

*/ Режимы увлажнения: А-автоморфный; АГ- полугидроморфный; Г- гидроморфный, ПГ - периодически гидроморфный; В – водоемы.

Литература

1. Левина Н.Б., Ткаченко В.А., Тюрин В.Н., Лаврович Н.Н., Щепетова Е.В. Урочище Барсова Гора – уникальный объект ледниковой геологии и таежной растительности Среднего Приобья // Квартер во всем его разнообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Мат-лы VII Всеросс. совещ. по изучению четвертичного периода (Апатиты, 12-17 сентября 2011 г.). Апатиты, СПб, 2011, Т 1. С. 28-30.
2. Кошкарёв А.В. Цифровое моделирование рельефа // Морфология рельефа. М.: Научный мир, 2004. – С.103 – 122.
3. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: «Астрейя-2000», 1999, 764 с.
4. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М., Высшая школа, 1988. 324 с.
5. Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. Смоленск: Ойкумена, 2002. 288 с.
6. Исаченко А.Г. Основы физико-географического районирования и ландшафтоведения. М.: Наука, 1991. 366 с.

УДК 631.47

ОТРАЖЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ НА ПРИКЛАДНЫХ ПОЧВЕННЫХ КАРТАХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЦИФРОВЫХ МЕТОДОВ

Н.П. Сорокина (1), Д.Н. Козлов (2)

(1) Почвенный институт имени В.В. Докучаева, Москва, e-mail: sorokina_np@list.ru

(2) МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: daniilkozlov@gmail.com

Прикладные и специальные карты составляют большой раздел крупномасштабной почвенной картографии. К ним относятся и частные карты (отражающие отдельные свойства почвенного покрова - ПП), и интерпретационные карты различного содержания (агропроизводственных, почвенно-мелиоративных групп, почвенно-геохимические и др.). Наиболее распространенный подход к составлению карт специального содержания «интерпретационный», он заключается в дополнении содержания базовой почвенно-генетической карты специальной нагрузкой. Базовая карта используется как контурная основа. Специальное содержание раскрывается в легенде, а также на карте - при индивидуальной характеристике контуров. Таковы, например, карты засоленных почв, на которых в пределах каждого контура базовой карты даются количественные характеристики содержания и состава солей. Схожим способом составляют почвенно-геохимические карты, например, радиальных барьеров.

В то же время критерии диагностики почв, установленные в принятой генетической классификации, не всегда отвечают задачам прикладных группировок. Имеется ряд агроэкологически значимых характеристик почвенного профиля, которые фиксируются при описаниях и в принципе картографируемы, но не получают отражения в классификации [1]. Так, показано, что оподзоленность агросерых почв (обилие «присыпки») в условиях Владимирского ополья отражает смену условий увлажнения, влияющих на урожай [2]. В ряде случаев для прикладных группировок нужны иные, чем для генетической классификации, количественные придержки при диагностике. Например, для почвенно-мелиоративной группировки конкретной территории может понадобиться более детальное, чем в базовой классификации, разделение по глубине и выраженности глеевых горизонтов, уровню грунтовых вод. Сошлемся также на опыт составления крупномасштабной карты агрогенной трансформации серых лесных почв, в легенде которой градации диагностических признаков почв отвечают задаче последующей агрогенетической интерпретации, вне зависимости от таксономического положения [3].

Отражение на прикладных картах значимых для их содержания почвенных показателей может достигаться различными путями: 1) описанным выше способом дополнения содержания контуров базовой карты; 2) наложением нескольких карт различных показателей; 3) путем прикладной группировки почвенных профилей с выделением качественных категорий и последующим выявлением ареалов групп.

Цифровые методы картографирования допускают использование каждого из этих способов. При использовании в качестве контурной основы базовой почвенной карты специальное содержание дается для каждого контура в атрибутивной базе данных. Имеется опыт составления ГИС с наложением слоев,

характеризующих разные диагностические показатели почв, и их последующей интеграцией в почвенной карте [4].

Третий способ составления прикладных карт (группировка разрезов и непосредственная интерполяция точечных данных без учета контуров базовой карты) рассматривается ниже.

Объект исследования, материалы и методы. Исследования проводились на полигоне Почвенного института им. В.В. Докучаева на южном склоне Клинско-Дмитровской гряды, в ареале дерново-подзолистых суглинистых почв.

Целью исследования было составление цифровых карт лимитирующих процессов (эрозии и оглеения) и карты агроэкологических групп ПП с использованием методологии структуры почвенного покрова. Картографирование проведено на территории пахотных массивов (2800 га). Использовано более 1500 точек почвенных описаний. Составлены:

1. Карты распространения доминирующих категорий эрозии и оглеения. Их содержание соответствует принятым в практике «картограммам».

2. Карты почвенных комбинаций (ПК) по оглеению и по эрозии. Выделено шесть ПК по оглеению и шесть эрозионно-аккумулятивных ПК.

3. Карта агроэкологических групп ПК с отражением обоих лимитирующих показателей и их сочетаний. Выделено девять категорий ПК.

Особенности принятой методики составления цифровых агроэкологических карт:

1. Группировки почв с выделением категорий эрозии и оглеения проведены авторами по комплексу диагностических показателей почвенного профиля с учетом местных условий. Так, диагностика почв эрозионно-аккумулятивного ряда учитывает мощности пахотного горизонта и оподзоленной толщи, содержание гумуса, содержание ила, крутизну склона, положение в ландшафтной камене.

2. Интерполяция результатов точечного опробования проведена на основе цифровой модели почвенно-ландшафтных связей. Факторно-индикационную основу задавали морфометрические характеристики рельефа, рассчитанные в программе SAGA на основе цифровой модели рельефа (ЦМР) с разрешением 30 м. Вероятность проявления в каждом пикселе каждой почвенной категории оценивалась по обучающей выборке средствами пошагового дискриминантного анализа. Возможности цифровых методов позволяют выбрать из большого набора морфометрических характеристик рельефа (восемнадцать) наиболее индикационно значимые и использовать только их для выделения ареалов картографируемых категорий. Типизация ПК проводится в соответствии с существующими нормативами процентного состава компонентов ПП

3. Интегральная карта агроэкологических групп ПК обобщает информацию карт ПК эрозии и оглеения. При выделении групп ПК привлечены специальные агроэкологически обоснованные критерии, учитывающие продуктивность сельскохозяйственных культур. К таким критериям относится долевое участие в ПК эродированных и оглеенных компонентов, при котором в данных региональных условиях происходит достоверное снижение продуктивности культур и ухудшение агротехнических условий. Источником информации являются экспериментальные данные учетов урожаев на компонентах ПК.

4. Все карты сопровождаются картосхемами, отражающими неопределенность прогноза, что позволяет оценить достоверность проведенной интерполяции.

Результаты и выводы.

1. Сравнение карт доминантных групп и карт ПК показывает значительно большую информативность и более высокую точность последних. Кроме того, карты ПК в большей степени отвечают задачам сельскохозяйственной практики, т.к. размеры ареалов ПК (в отличие от ЭПА) соизмеримы с площадью низших единиц хозяйственного использования.

2. Состав индикационных характеристик отличен для почв эрозионно-аккумулятивного и гидроморфного рядов. Наиболее значимой характеристикой для дифференциации ПК гидроморфного ряда является индекс влажности. Из других показателей отметим индекс конвергентности, отражающий форму склона в плане, а также показатель превышения над тальвегом. Для эрозионно-аккумулятивной модели основные индикаторы: 1) крутизна; 2) величина водосборной площади; 3) фактор соотношения длины/крутизны склона. Весьма информативен показатель эрозионного потенциала, который четко разделяет группы ПК с преобладанием несмытых почв и группы с преобладанием эродированных почв.

3. Карта агроэкологических групп ПК отражает дифференциацию территории на агроэкологически однородные участки с одинаковой продуктивностью, одинаковой выраженностью и направлением современной агрогенной трансформации ПП. Карта построена по ландшафтно-позиционному принципу. Ареалы выделенных групп (зональные автоморфные; эрозионно-зональные; эрозионные; эрозионно-аккумулятивные; полугидроморфно-зональные; полугидроморфные; гидроморфные; полугидроморфно-эрозионные; эрозионно-полугидроморфные) имеют достаточно четкие позиции в агроландшафте и соответствуют элементарным геохимическим ландшафтам.

4. Большое методическое значение имеет вывод об избирательности индикационных характеристик для карт разного содержания. Он подтверждает целесообразность выявления ареалов картографируемых категорий прикладных карт независимо от контуров базовой карты. Разумеется, реализация метода возможна при достаточной обеспеченности территории съемки почвенными разрезами. Контроль точности интерполяции с помощью карт неопределенности прогноза позволит сравнить эффективность данного метода с другими способами составления специальных карт. Изложенный подход может быть использован при составлении почвенно-геохимических и других специальных карт.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 11-04-02064-а.

Литература

1. Сорокина Н.П. Пространственно-типологический подход в почвенной картографии // Масштабные эффекты при исследовании почв. М.: МГУ, 2001. С. 114-126.
2. Савастру Н.Г. Агроэкологическая оценка почвенного покрова Владимирского ополья для проектирования адаптивно-ландшафтного земледелия. Автореф. диссерт. ... канд. биол. наук. М., 1999. 26 с., 1998.
3. Козловский Ф.И., Сорокина Н.П., Шубина И.Г. Систематика и картографирование почв на структурно-функциональной основе // Теория и методы изучения почвенного покрова. М.: ГЕОС, 2003. С. 496-526.
4. Савин И.Ю. Детальная компьютерная инвентаризация почв // Генезис, география и картография почв. М., 2000. С. 269-278.

УДК 550.42

**МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ПОЙМЕННЫХ ПОЧВ ДОЛИНЫ РЕКИ УРКАН
(БАССЕЙН РЕКИ АМУР)**

О.А. Сорокина

ИГиП ДВО РАН, Благовещенск, e-mail: osorokina@ascnet.ru

Одним из основных направлений экологических исследований является изучение состояния природно-территориальных комплексов в зонах интенсивного техногенного воздействия. В этой связи Приамурье, в пределах которого широко развиты горнопромышленные предприятия, является хорошим полигоном для отработки методических аспектов таких исследований. Характерной особенностью данных предприятий является их расположение непосредственно в долинах крупных притоков, питающих магистральные водотоки региона – реки Амур, Зeya, Селемджа, Бурея и др. Учитывая мобильность речной системы, можно предполагать, что техногенное загрязнение может распространиться достаточно далеко и оказать влияние на практически все компоненты долинных ландшафтов Приамурья. Чутким индикатором состояния экологии речных систем являются развитые в их пределах почвы. При этом их химический состав обусловлен многими факторами, в том числе особенностями состава горных пород, биологическими процессами, характером и интенсивностью техногенной нагрузки. Вследствие этого, в последние годы почвы в целом, и пойменные в частности, являются объектом пристального изучения.

В данной работе был изучен химический состав пойменных почв долины среднего течения реки Уркан (бассейн реки Амур) протяженностью около 100 км. Определение химического состава почв проведено в лаборатории аналитической химии ДВГИ ДВО РАН (г. Владивосток) по аналитической схеме с применением методов плазменной спектроскопии: атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой), в сочетании с рентгено-флуоресцентным методом в ИГиП ДВО РАН (г. Благовещенск). Измерения выполнены на спектрометре ICAР 6500 Duo (Thermo Electron Corporation, США) и Pioneer S4 (Bruker).

Химический состав почв, как правило, наследуется от материнской породы. Анализ распространения и строения почв показывает, что все почвы от примитивных до полнопрофильных образуются из рыхлых осадочных пород [1]. Поверхность плотных коренных пород разрушается в силу различных экзогенных факторов, образующийся материал обязательно переоткладывается, формируя рыхлые породы. В пределах указанного интервала долина реки Уркан с северо-запада на юго-восток рассекает разновозрастные геологические образования [2]. Наиболее древние из них представлены метаморфическими комплексами, условно относимыми к докембрию и известными в геологической литературе как «гонжинская» и «чаловская» серии. Значительным распространением в пределах описываемого участка пользуются нижне- и среднеюрские флишеидные отложения, раннемеловые интрузивные и вулканические образования. Достаточно локально представлены палеозойские терригенно-карбонатные отложения и позднепалеозойские кварцевые диориты, гранодиориты, граниты.

Оценивать закономерности распределения химических элементов можно опираясь как на абсолютные, так и на относительные концентрации. В пределах изучаемого района долину р. Уркан пересекают разнообразные по составу геологические образования. Учитывая этот факт, представляется целесообразным в качестве эталона сравнения для пойменных почв долины реки использовать средневзвешенный состав верхней континентальной коры [3, 4]. Мультиэлементные графики пойменных почв представлены в виде отдельных линий, а единичные графики почв мира [5] объединены на рисунке в виде соответствующего поля (рис. 1).

Анализ представленных графиков свидетельствует о том, что сравниваемые почвы достаточно близки по своему составу. Максимальных значений в почвах долины реки достигают такие элементы, как V, Cr, Zn, Zr, Ba, W; отметим также некоторый дефицит Be, Y, Mo, Cd, Ta, U. Можно отметить, что уровень концентраций и характер распределения химических элементов в пойменных почвах исследуемого участка долины реки Уркан в целом соответствует таковому в почвах мира (аллювиальных почвах США). В рассматриваемых образцах не выявлено повышенных концентраций химических элементов (V, Co, Cr, Cu, Ni, Zn, Pb), которые могли бы быть обусловлены влиянием горнопромышленных комплексов. Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 11-05-00372-а, № 12-05-00143-а).

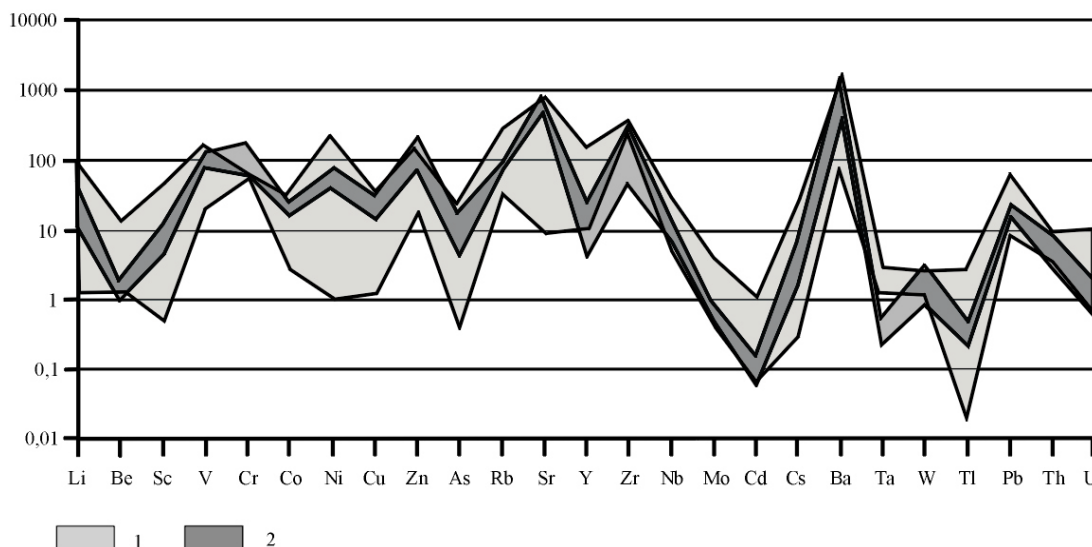


Рис. 1. Графики распределения микроэлементов в пойменных почвах долины р. Урган (1) в сравнении со средним составом мировых почв (2) [5]. Использован состав верхней континентальной коры по С.Тейлору и С.Макленнану [3, 4].

Литература

1. Добровольский Г.В., Карпачевский Л.О., Криксунов Е.А. Геосферы и педосфера. М.: ГЕОС. 2010.- 190 с.
2. Геологическая карта Приамурья и сопредельных территорий. Масштаб 1:2500000. С.-Петербург: ВСЕГЕИ. 1999.
3. Taylor S.R., McLennan S.M. The geochemical evolution of the continental crust// Reviews of Geophysics. 1995. V.33. P.241-265.
4. McLennan S.M. Relationships between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust. Geochemistry, Geophysics, Geosystems 2. (article no. 2000GC000109).
5. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир. 1989. – 439 с.

УДК 554.772+550.424

СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ТИПОВ ПОЧВ БАСЕЙНА ОЗЕРА КОТОКЕЛЬСКОЕ (ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

С.Б. Сосорова, М.Г. Меркушева, Л.Л. Убугунов

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, e-mail: soelma_sosorova@mail.ru

Почва является аккумулятором соединений химических элементов, поступающих в окружающую среду. Поглотительная способность почв по отношению к тяжелым металлам определяется многими факторами, такими, как гранулометрический состав, содержание карбонатов и другими [1]. В настоящее время цинк является одним из приоритетных загрязнителей почв. Он отличается высокой степенью миграции в сопредельные среды и аккумуляцией растениями [2]. Поэтому выявление количественных закономерностей поглощения тяжелых металлов, в частности цинка, почвами является актуальной задачей при разработке мер охраны окружающей среды.

В качестве объектов исследования нами были выбраны верхние слои 0-20 см темного гумусово-глеевой (р.1) и торфяной эуτροφной (р.4) почв бассейна озера Котокельское (в 2 км от северо-восточной части оз. Байкал), которые формируются в условиях континентального климата. Почвы характеризуются слабокислой или близкой к нейтральной реакцией среды, невысоким содержанием органического вещества (за исключением р.4 - 15.1%), легким гранулометрическим составом.

В модельных опытах использовали фракцию почв меньше 1мм в естественной катионной форме и серию растворов азотнокислого цинка в диапазоне концентраций от 0.1 до 2.5 мМ /л.

Взаимодействие катиона Zn с навеской почвы проводили при комнатной температуре в статических условиях при соотношении почва-раствор 1:25, время взаимодействия -24 ч. После установления равновесия в системе «почва-раствор» вытяжки отфильтровывали и методом атомно-адсорбционной спектрофотометрии определяли содержание цинка в фильтратах. Количество поглощенных катионов Zn рассчитывали по разности между концентрациями металла в исходном и равновесном растворе. На основе полученных экспериментальных данных построены изотермы сорбции катионов цинка почвами (рис.), которые описываются уравнением Ленгрюма:

$$Q = \frac{Q_{\max} KC}{1 + KC}$$

При оценке растворов металлов уравнение адсорбции Ленгмюра принимает вид:

$$\frac{C}{Q} = \frac{1}{Q_{\max} K} + \frac{1 \times C}{Q_{\max}}$$

где C – равновесная концентрация элемента в растворе; Q – количество поглощенного элемента на единицу массы сорбента; Q_{\max} – сорбционная ёмкость сорбента; K – коэффициент отражающий прочность связи между элементом и реакционными центрами сорбента [3].

Тип изотермы позволяет судить о степени сродства катиона адсорбируемого цинка к сорбционной поверхности почвы. Изотерма сорбции катиона Zn исследуемыми почвами относится к L-типу. Эта форма свидетельствует о том, что при низких концентрациях адсорбата он имеет относительно высокое химическое сродство с поверхностью адсорбента [4]. Начальные участки кривых характеризуются интенсивным поглощением, затем после внесенной концентрации 1,0 мМ/л выходят на плато насыщения. В начальный период взаимодействия почвы с раствором, на поверхности твердой фазы почвы присутствуют большее число разнообразных свободных сорбционных центров, которые с увеличением концентрации раствора и времени контакта постепенно уменьшаются по мере связывания их ионами металла.

Максимальная адсорбционная емкость Q_{\max} показывает максимальную сорбцию Zn почвой, константа K характеризует сродство металла к адсорбенту. Для темногумусово-глеевой почвы расчетные параметры Q_{\max} составляют 16,7 мМ/г и $K=25,7$ л/мМ, а для торфяной эутрофной соответственно 25 мМ/г и 29,8 л/мМ.

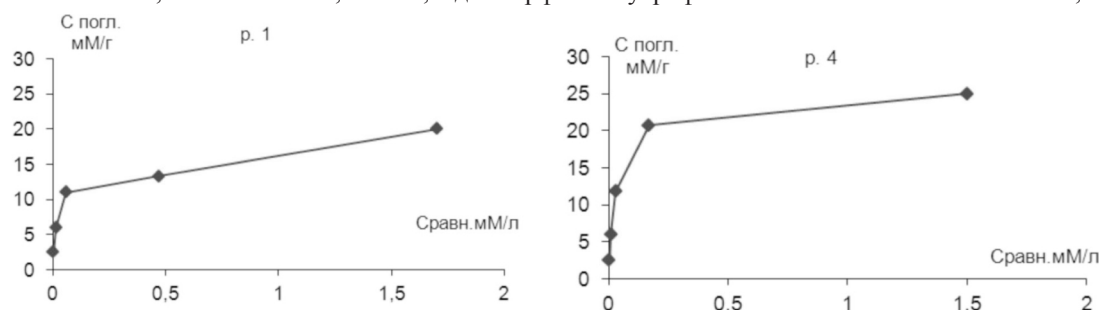


Рис. 1. Изотерма адсорбции цинка темногумусово-глеевой (р. 1) и торфяной эутрофной (р. 4) почвами бассейна оз. Котокельское

Относительно высокие значения параметров сорбции Zn торфяной эутрофной почвой можно объяснить большим вкладом органического вещества за счет образования внешнесферных комплексов и электростатического взаимодействия [5, 6].

В целом следует отметить, что почвы с высоким содержанием органического вещества и илистой фракции характеризуются значительной сорбционной емкостью по сравнению минеральными почвами.

Литература

1. Ладонин Д.В. Влияние железистых и глинистых минералов на поглощение меди, цинка, свинца и кадмия в конкреционном горизонте подзолистой почвы Почвоведение. 2003. № 10. С.1197-1206.
2. Башкин В.Н, Касимов Н.С. Биогеохимия. М.: Научный мир. 2004. 648 с.
3. Водяницкий Ю.Н., Рогова О.Б., Пинский Д.Л. Применение уравнений Ленгмюра и Дубинина-Радушкевича для описания поглощения Са и Zn дерново-карбонатной почвой // Почвоведение. 2000. N 11. С. 1391-1398.
4. Соколова Т.А., Трофимов С.Я. Сорбционные свойства почв. Адсорбция. Катионный обмен: учебное пособие. Тула: Гриф и К. 2009. 172 с.
5. Ладонин Д.В., Карпухин М.М. Влияние основных почвенных компонентов на поглощение меди, цинка и свинца городскими почвами // Вест. Моск. Ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2008. № 3. С.33-38.
6. Минкина Т.М. Соединение тяжелых металлов в почвах Нижнего Дона, их трансформация под влиянием природных и антропогенных факторов. Автореф. дисс. докт. биол. наук. Ростов -на-Дону, 2008. 48 с.

УДК 911.5.6.9.

ЛАНДШАФТНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОИСКОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (НА ПРИМЕРЕ ПРИМОРСКОГО КРАЯ)

В.Т. Старожил

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, E-mail: star@sns.dvfu.ru

Ландшафт во многом определяет систему условий эффективного и рационального применения геохимических методов поисков минерально-сырьевых ресурсов [1]. Картографические ландшафтные материалы регионального информационного уровня рассматриваются как важные основы в решении вопросов оптимального использования ландшафтно-геохимических методов поисков месторождений. Однако до недавнего времени в Приморском крае региональные ландшафтные карты отсутствовали. В связи с этим, нами

составлены карты ландшафтов в масштабе 1:500 000 и 1:1000 000 [2,3] и объяснительная записка [4], а также карта физико-географического районирования Приморского края в масштабе 1:1000 000 [5]. Весь полученный по ландшафтному районированию картографический, статистический и текстовый материал применялся нами при изучении вопроса практического планирования и применения геохимических методов поисков минерально-сырьевых ресурсов в зависимости от ландшафтных обстановок. При этом планирование осуществлялось на основе сопряженного изучения достаточно значимых выборок данных не только по рельефу, растительности и почвам, но и коренным и рыхлым породам, климату. Также проанализированы: мощность рыхлых накоплений, транзит обломочного материала, увлажнение, глубина вреза, густота расчленения, интенсивность физического и химического выветривания, мезо- и микроклиматические особенности. Это, прежде всего: солнечная радиация и сияние, температура, ветер, влажность, атмосферные осадки, снежный покров, глубина промерзания, различные стихийные и экстремальные явления. Кроме того, исходя из представления значимости при проведении геохимических поисков всех компонентов и факторов ландшафта, в том числе фундамента как вещественного компонента и фактора его динамики, нами рассматривается коренной и рыхлый фундамент. В результате в качестве основы для планирования применения методов поисков месторождений использовался высокоинформативный материал, по взаимодействующим, взаимообусловленным и взаимопроникающим друг в друга компонентам и факторам ландшафтов [6]. В ландшафтных условиях Приморского края на вершинах, водоразделах и при водораздельных частях зоны развития ландшафтов среднегорного рода интенсивно проявлены процессы физического выветривания и курумный транзит обломочного материала. Это приводит преимущественно к глыбовой дезинтеграции скальных пород. Мелкозем формируется в весьма незначительных количествах, почвы имеют неполный профиль или отсутствуют вообще. В таких условиях шлиховые и металлометрические ореолы рассеяния либо имеют расплывчатые контуры и незначительные содержания, либо отсутствуют вообще. Для восполнения недостающей поисковой информации по нашим данным здесь могут быть рекомендованы гидрохимический, биохимический, шлиховой геохимический, валунно-обломочный, склоново-глыбовый методы. Для нижних частей склонов среднегорного рода ландшафтов более характерна дезинтеграция обломков и руд, характеризующая глубокую стадию мобилизации минерального вещества, вплоть до распада его на минеральные компоненты. С этой стадией, а следовательно и ландшафтной территорией, связано формирование наиболее контрастных ореолов и потоков рассеяния минеральных ресурсов, хорошо улавливаемых всеми традиционными геохимическими поисковыми методами. В зоне ландшафтов низкогорного рода, где скорость транзита заметно ниже, происходят более глубокие химические превращения рыхлых склоновых отложений. В результате солевые и механические ореолы в низкогорного рода ландшафтах в значительной мере ослабевают. В этих условиях поисковые сигналы могут быть существенно дополнены и усилены применением шлихо-геохимического и биохимического методов в комплексе с поисковой геофизикой. Огромные пространства в пределах Приморского края относятся к категории полузакрытых и закрытых. К полузакрытым следует, в первую очередь, отнести участки развития предгорных делювиальных шлейфов и площадных кор выветривания в пределах ландшафтов низкогорного рода. Здесь может оказаться достаточно информативным биогеохимический и шлихо-геохимический методы. В районах перекрытых базальтами следует в полную меру использовать глубинные возможности гидрохимии. Что касается аккумулятивных обстановок, то здесь возможно применение бурения в комплексе с геофизическими методами. Ландшафтные условия выделенных нами при региональном ландшафтном районировании Приморья округов, провинций, областей [5] также определяют возможности применения тех или иных геохимических методов поисков минерально-сырьевых ресурсов. В частности, Верхнее-Единский округ характеризуется развитием ландшафтов горно-таежного класса и расчлененно-среднегорного рода, а также видов с пихтово-еловыми лесами на горно-таежных бурых иллювиально-гумусовых неоподзоленных и оподзоленных почвах. По данным настоящих исследований в таких ландшафтных условиях наиболее эффективно нужно применять из геохимических – литохимию по вторичным ореолам, литохимию по потокам рассеяния, гидрохимический и биогеохимический методы. Рекомендации по планированию применения методов поисков в зависимости от ландшафтных обстановок нами даются по 54 физико-географическим округам.

Таким образом, в результате регионального изучения структуры и организации ландшафтов Приморского края, как фрагмента юга Дальнего Востока, установлена ландшафтная картографическая дифференциация и даются рекомендации применения геохимических поисков минерально-сырьевых ресурсов в зависимости от ландшафтных обстановок иерархических единиц ландшафтов регионального уровня. Рассматриваемые в докладе ландшафтные данные регионального уровня по районированию Приморья это важные ландшафтные основы в планировании ландшафтно-геохимических поисков минерально-сырьевых ресурсов. Все поисковые геохимические методы должны применяться с учетом конкретной природной обстановки всех классификационных единиц ландшафтов. Такой целевой подход к отбору первичной поисковой информации позволит качественнее планировать применение тех или иных геохимических методов поисков при изучении минерально-сырьевых ресурсов Дальнего Востока.

Литература

1. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа. 1988. 324 с.
2. Старожилов В.Т. Карта ландшафтов Приморского края масштаба 1:500 000. М.: ВНИИЦ, 2007. - № 50200702556.
3. Старожилов В.Т. Карта ландшафтов Приморского края масштаба

- 1: 1 000 000. - Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2009.
4. Старожилов В.Т. Ландшафты Приморского края масштаба 1: 500 000 (Объяснительная записка к карте масштаба 1: 500 000). - Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2009. - 368 с.
 5. Старожилов В.Т., Зонов Ю.Б.. Карта физико-географического районирования масштаба 1:1000 000 Приморского края // Электронные карты Приморского края.- Владивосток: ТИГ ДВО РАН, 2006.
 6. Старожилов В.Т. Региональные особенности компонентов и факторов структуры и организации ландшафтов юга Дальнего Востока (на примере Приморского края): монография. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2007.- 114 с.

УДК 502.521:504.5-03(470.51)

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ И ГРУНТОВ КАК ОБЪЕКТ ПРИКЛАДНЫХ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

В.И. Стурман, В.М. Габдуллин

ФГБОУ ВПО «Удмуртский государственный университет», Ижевск, e-mail: st@uni.udm.ru

Прикладные эколого-геохимические исследования в Удмуртской Республике выполнялись в целях решения разных задач:

- оценки экологической обстановки согласно общепринятой методике [1] и разработки природоохранных мероприятий в промышленных городах;
- улучшения состояния водохранилища в г. Ижевске;
- инженерно-экологических изысканий по объектам добычи и транспортировки нефти, а также в зонах защитных мероприятий хранения и уничтожения химического оружия.

Фоновые характеристики содержания химических элементов в поверхностном горизонте почв (таблица 1) были определены по материалам прикладных исследований за пределами городских территорий.

Таблица 1

Средние содержания элементов для наиболее распространенных в Удмуртии сочетаний почв и подстилающих их грунтов (верхний 5-см слой), в мг/кг

Сочетания почв и подстилающих их грунтов	К-во проб	Элементы								
		Pb	Zn	Cu	Ni	Co	Mn	Cr	V	As
Дерново-сильнопodzолистые почвы на эоловых песках, в среднем в т.ч. в пределах нефтяных месторождений в т.ч. вне пределов нефтяных месторождений	208	25	40	17	30	10	727	124	58	
	184	26	39	15	30	11	724	124	58	
	24	9	57	32	33	5	783	114	60	2,3
Дерново-сильнопodzолистые почвы на эоловых песках, смытые	28	25	37	13	35	11	631	153	71	
Глубокоподзолистые почвы на эоловых песках	10	15	39	16	28	7	772	137	65	
Дерново-сильнопodzолистые почвы на элювиально-делюви-альных и делювиально-соли-флюкционных суглинках и глинах	15	15	59	28	46	13	1156	139	140	
Дерново-средне- и слабopodzо-листые почвы на элювиально-делювиальных и делювиально-солифлюкционных суглинках и глинах	11	22	76	33	71	22	1098	164	137	
Серые лесные почвы на элювиально-делювиальных и делювиально-солифлюкци-онных суглинках и глинах	32	25	71	23	72	21	1468	154	122	
Аллювиальные и аллювиально-болотные почвы на аллювиальных отложениях	16	19	30	15	28	10	648	110	51	
Почвы овражно-балочного комплекса на пролювиально-аллювиальных отложениях	9	11	35	40	45	8	339	124		
В среднем	329	24	44	19	36	12	792	129	68	

В Ижевске около 80% городских территорий с опасным и чрезвычайным опасным уровнями загрязнения (Zc более 32) приурочено к поймам и низким надпойменным террасам; тогда как более 80% территорий с допустимым уровнем загрязнения (Zc до 16) - к водоразделам. Такое распределение уровней загрязнения отражает как исторически сложившееся (но весьма неудачное в экологическом отношении) преимущественное размещение крупных промышленных предприятий на поймах и низких надпойменных террасах, так и худшие условия проветривания в пределах речных долин, а также перераспределение элементов в современных отложениях в результате их химической и механической миграции. Содержание Pb, Zn, Cu, Cr постепенно увеличивается по мере продвижения от водораздельных поверхностей к пойменным участкам речных долин,

причем на золотых песчаных покровах их концентрации (особенно Pb, Co) значительно меньше, чем на водораздельных поверхностях с чехлом элювиально-делювиальных отложений. Общеизвестна связь между остротой экологических проблем и характером использования земель. Использование эколого-геохимических показателей позволяет охарактеризовать эту связь количественно. Средние значения концентраций элементов и суммарных показателей Zc по типам землепользования приводятся в таблице 2.

Таблица 2

Средние значения концентраций элементов и суммарных показателей загрязнения по элементам землепользования на территории г. Ижевска

Типы землепользования	К-во то-чек	Средние концентрации элементов, %								Суммарн. показат. Zc
		Pb	Zn	Cu	Ni	Co	Mn	Cr	Ti	
Застройка многоэтажная	566	0,0066	0,0143	0,0044	0,0050	0,0013	0,1379	0,0218	0,2867	16,1
Застройка малоэтажная	58	0,0038	0,0158	0,0038	0,0049	0,0014	0,1022	0,0261	0,2654	15,8
Застройка усадебная	444	0,0075	0,0208	0,0045	0,0063	0,0016	0,1004	0,0236	0,2902	21,9
Коммуникации	326	0,0041	0,012	0,0036	0,0067	0,0015	0,1261	0,0194	0,3345	14,1
Промышлен-ные зоны	264	0,0236	0,0212	0,0061	0,0315	0,0029	0,1372	0,0674	0,3309	38,8
Коммунально-складские зоны	49	0,0030	0,011	0,0045	0,0062	0,0018	0,1469	0,0647	0,2358	17,3
Зеленые насаждения искусственные	201	0,0045	0,011	0,0047	0,0067	0,0015	0,0965	0,0172	0,3252	15,1
Рекреационные зоны	43	0,0018	0,0083	0,0045	0,0045	0,0009	0,0918	0,0147	0,2857	12,8
Городские леса	396	0,0108	0,0081	0,0053	0,0045	0,0012	0,1082	0,0133	0,2933	10,0
Малоиспользуемые пойменные заболоченные земли	535	0,0030	0,0114	0,005	0,0080	0,0018	0,1359	0,0222	0,3509	14,1
Социально-культурные и оздоровительные учреждения	196	0,0087	0,0132	0,0043	0,0047	0,0013	0,1020	0,0192	0,3019	10,5
Пустыри	144	0,0033	0,0404	0,0051	0,0051	0,0123	0,1460	0,0196	0,3453	11,4
Садово-огородные участки	46	0,0024	0,0085	0,0051	0,0049	0,0010	0,2289	0,0242	0,2804	9,00
Строит. площадки	39	0,0035	0,0139	0,0038	0,0063	0,0015	0,0869	0,0163	0,3303	13,718
Шлакоотвал	11	0,0071	0,0208	0,0081	0,0582	0,0410	0,4445	0,9132	0,2796	135,5
Кладбища	16	0,0027	0,0094	0,0048	0,0046	0,0015	0,1332	0,0126	0,2836	8,06
Гаражи	20	0,0117	0,0096	0,0031	0,0062	0,0014	0,1550	0,0321	0,3330	17,9
Пашня	130	0,0020	0,0089	0,0052	0,0050	0,0019	0,0864	0,0159	0,3719	8,7

В г. Ижевске эколого-геохимические методы исследования были также использованы при решении задачи улучшения состояния городского водохранилища. Исторически сложившейся особенностью г. Ижевска, как и многих других основанных в XVIII веке промышленных городов Предуралья и Урала, является расположение в его центральной части старинного заводского пруда (водохранилища), крупной промышленной зоны машиностроительно-металлургического профиля, а также накопленных за весь период их работы золо- и шлакоотвалов. Золо- и шлакоотвалы, а также засыпанные металлургическими отходами понижения рельефа, занимают в общей сложности около 170 га, частично застроены или заняты железнодорожными путями и складами. Значительная часть шлака и золы залегают ниже уровня грунтовых вод, что делает проблематичным их удаление и одновременно создает предпосылки для выщелачивания содержащихся в отходах металлов.

При изучении гидрохимических особенностей шлакоотвала было выявлено, что составляющие значительную часть массы шлаковых отходов оксиды кальция и магния формируют щелочные и сильнощелочные воды (рН от 8,51 до 11,58), в которых активно мигрирует в токсичной 6-валентной форме хром, используемый в качестве легирующей добавки и также содержащийся в шлаке в значительном количестве. Выполненные лабораторные эксперименты и расчеты позволили определить параметры искусственного геохимического

барьера из слоев торфа и известняка (в глубоких траншеях параллельно берегу), рекомендованного к созданию в рамках программы очистки и оздоровления водохранилища.

В рамках инженерно-экологических изысканий по объектам добычи нефти выявлены следующие особенности:

- по тяжелым и токсичным металлам выявленные содержания валовых форм находились в пределах ПДК или ОДК, за исключением мышьяка на участках выходов медистых песчаников перми (до 2,2 ПДК), а значения суммарного показателя загрязнения Z_c , как при расчете на приведенные в СП 11-102-97 [2] ориентировочные значения, так и при учете регионального фона, во всех случаях соответствовали допустимому уровню;

- по бенз(а)пирену и пестицидам (ДДТ, ГХЦГ) не выявлено ни одного случая превышения не только нормативов, но и предела обнаружения;

- по микробиологическим и санитарно-паразитологическим показателям в отдельных случаях, при отборе проб на удобренных пахотных землях, отмечались небольшие превышения по кишечной палочке, не выходящие, однако, за пределы категории грунтов «чистые» согласно СанПиН 2.1.7.1287-03 [3];

- по нефтепродуктам и хлоридам оценка затруднена в связи с отсутствием легитимных нормативов, при этом концентрации нефтепродуктов выше 1000 мг/кг и хлоридов выше 0,02% массы сухой почвы зафиксированы соответственно в 10,3% и в 8,3% проб по данным мониторинга и в 6,0% проб (только по нефтепродуктам и только при отборе внутри обваловок) по данным изысканий.

Литература

1. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич и др. М.: Недра, 1990. 335 с.
2. Свод правил. СП 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства». М.: Госстрой России, 1997. 41 с.
3. СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. М., 2003. 12 с.

УДК 631.4

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОНОВЫХ ЛАНДШАФТОВ ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА ОЗЕРА СЕЛИГЕР)

С.Б. Сулова, Т.М. Кудерина, Г.С. Шилькрот

Институт географии Российской академии наук, Москва, e-mail: svsu@mail.ru

Исследования геохимических параметров природного (фоновое) состояния ландшафтов в настоящее время, в условиях постоянно возрастающего и непрерывно геохимически меняющегося антропогенного воздействия, приобретают все большее значение. Определение фоновых параметров компонентов ландшафтов является одним из необходимых аспектов эколого-геохимического анализа территории, важной «реперной» характеристикой, обеспечивающей достоверную оценку интенсивности и своеобразия техногенного загрязнения.

С 2001 г. в бассейне Селигера осуществляется геохимический мониторинг [1, 2] в районах, удаленных от источников загрязнения, элементарные геохимические ландшафты которых можно считать фоновыми для верховья р. Волги. Цель исследований – выявление особенностей концентрации и рассеяния микроэлементов в компонентах природных ландшафтов и определение геохимического фона территории.

Озеро Селигер – часть Верхневолжской водной системы – занимает на юго-востоке Валдайской возвышенности водораздельное положение и является, по существу, вторым истоком р. Волги. Исследованные ландшафты занимают моренно-водно-ледниковые равнины, сложенные преимущественно озерными и водно-ледниковыми песками и супесями. Рельеф территории в основном плоский – полого-волнистый, волнисто-холмистый [3]. Преобладают дерново-подзолистые разной степени оглеенности, как правило, слабогумусированные почвы, прибрежные участки заняты луговыми, аллювиальными и болотными разновидностями. Растительность представлена хвойными (сосняки, ельники зеленомошники) и мелколиственными лесами с хорошо развитым кустарничковым и моховым покровом. Водоразделы заняты сфагновыми и осоковыми болотами, по долинам рек распространены леса мелколиственных пород (береза, ольха) с разнотравно-злаковыми лугами.

Исследования проведены на основе ландшафтно-геохимического метода, заключающегося в изучении потоков вещества и энергии от позиций автономных – верховьев водосбора малых рек, к подчиненным – долинам крупных рек и озер. Природный геохимический фон территории определялся по данным сопряженного опробования следующих компонентов ландшафта: почвообразующего субстрата (С), верхнего гумусового горизонта почвы (А), донных отложений оз. Селигер (ДО), поверхностных речных вод (РВ), озерных (ОВ) и грунтовых (ГВ), а также представительных для этих ландшафтов вида растительности – хвои (Х) сосны и черничника (Ч). К сожалению, нами пока не получены данные по химическому составу органического горизонта торфяных болотных почв и мхов, имеющих широкое распространение на всей территории изучаемого района.

Определение микроэлементного состава почвообразующего субстрата, почв и растительности проводилось методом электротермической атомно-абсорбционной спектроскопии, анализ проб донных отложений, поверхностных и грунтовых вод, дождевых и снеговых вод осуществлен методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на приборе ELAN 6100.

Показатели фона представляют собой средние содержания элементов, вычисленные по представительным выборкам. В таблице 1 приведены средние содержания химических элементов в компонентах природной среды для фоновых ландшафтов оз. Селигер.

Характеристика местного фона компонентов природной среды оз. Селигер

Хим. Эл-т	Содержание, мг/кг						Содержание, мкг/л			
	С	А	ДО	кларк почв [4]	Х	Ч	ОВ	РВ	ГВ	кларк речн.вод [5]
Fe	5870	20700	6142	40000			169,1	667,4	581	40
Mn	85	64,8	176,1	1000	145	167	0,78	1,5	14	10
Cu	9,2	36	16,8	30	21	36	1,54	1,8	0,66	7
Ni	7,0	22	12,2	50	6,8	6	0,75	2,0	3,70	1
Zn	2	20	145,1	90	75	50	1,93	2,4	0,93	20
Co	2,1	4,0	2,9	8	2	2	0,11	0,2	0,27	0,3
Pb	9,3	18,2	36,8	12	0,3	3,8	0,06	0,02	0,04	1
Cd	0,05	0,3	0,6	0,35	0,4	1,9	0,01	0,02	0,02	0,1
Cr	8,6	19,4	17,4	70	15	180	4,1	4,70	10,37	1
Sr	97	93	76,2	250			52,43	78,5	177,6	70
Ba	620	150	232	500			21,49	19,1	22,5	20
V	8,6	17,6	40,8	90	0,4	0,4	2,23	1,2	0,8	0,9

С – почвообразующий субстрат, А – гумусовый горизонт почв, ДО – донные отложения, Х – зола хвои сосны, Ч – зола черничника; ОВ – озерные, РВ – речные, ГВ – грунтовые воды.

Сравнение экспериментальных фоновых оценок с глобальными, мировыми показателями, в качестве которых применяют кларки различных компонентов природной среды, позволило выявить следующие геохимические особенности компонентов фоновых ландшафтов бассейна Селигера.

Преобладающие в бассейне супесчаные почвообразующий субстрат и почвы сильно обеднены микроэлементами, однако в верхнегумусовом горизонте, как правило, содержание их в несколько раз выше. В субстрате накопление и околокларковый уровень отмечается для Ba и Pb, в почвах – для Pb, Cu, Cd. Содержание как в субстрате, так и в почвах других элементов – Fe, Ni, Co, Cr, Sr – понижено по сравнению с кларком, а для Mn, Zn, V отмечается уровень чрезвычайного дефицита ($KP > 5$). Для озерных донных отложений характерен схожий с почвами ряд накапливающихся элементов (Pb, Cd, Zn).

Иначе выглядит распределение элементов геохимического фона для поверхностных и грунтовых вод, являющихся по химическому составу гидрокарбонатно-кальциевыми. Минерализованные грунтовые воды заметно обогащены Fe, Cr, Ni, Sr, Mn, Ba. Для речных и озерных вод также характерно накопление этих элементов (кроме Mn) и V. При этом отмечается общая тенденция: содержание микроэлементов в речных водах выше (за исключением Ba, V, Pb), чем в водах селигерских плесов. Очевидно, реки, водосборные бассейны которых часто заболочены, получают от них дополнительные потоки элементов.

Химический состав растений определяется как геохимическими особенностями ландшафта, так и в значительной степени избирательной способностью их самих к накоплению отдельных элементов. Установлено, что в рассматриваемых ландшафтах хвоя сосны накапливает Mn, Zn, Cd, а для черники помимо этих элементов характерно избирательное накопление Sr. Согласно расчетам коэффициентов биологического поглощения для фоновых ландшафтов бассейна Селигер можно выделить две группы элементов: 1) слабого и среднего захвата – V, Pb, Co, Ni, Cu, Cr; 2) слабого накопления – Zn, Mn, Cd.

Таким образом, анализ главных компонентов фоновых ландшафтов свидетельствует о высокой вариабельности геохимических показателей (рис.1). Отчетливо прослеживается тенденция контрастного распределения: накопление ряда элементов в воде при дефиците их в почвообразующем субстрате, почвах и донных отложениях (Fe, Ni, Sr, V, Co, Cr) и наоборот – накопление в последних компонентах при дефиците в воде (Pb, Cd, Zn, Cu).

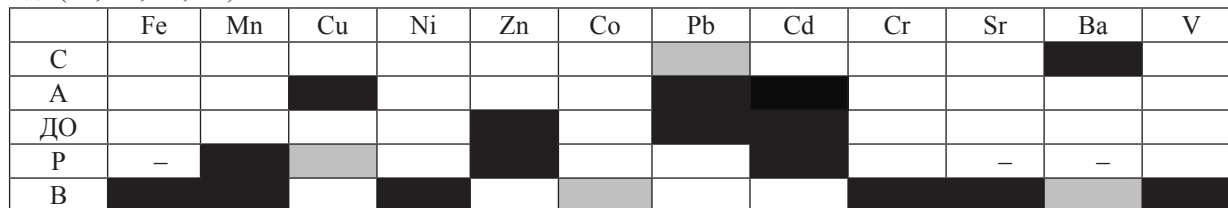


Рис. 1. Структура геохимической дифференциации микроэлементов по отношению к кларковым показателям в компонентах фоновых ландшафтов бассейна Селигер

Компоненты: С – почвообразующий субстрат, А – верхний гумусовый горизонт почв, ДО – донные отложения, Р – растительность, В – воды; степень накопления элемента по отношению к кларку: □ – аккумуляция, ■ – соответствие кларку, ■ – дефицит; □ – нет данных.

В последние годы выявлена существенная роль атмосферных осадков и выпадений (пыль, аэрозольные компоненты) в формировании геохимического фона компонентов ландшафта. В предыдущих исследованиях [2] было установлено, что повышенное содержание Zn в водных объектах селигерских ландшафтов (после дождей в колодцах) можно рассматривать в качестве маркера, указывающего на его техногенное поступление. Проведенные

в 2011 г. опробования дождевых вод и снега (рН = 3,7-5,9) подтвердили ранее сделанный вывод, при этом к «реперным» элементам добавился Cd, велика вероятность трансграничного участия Cr, Ni и I (табл. 2). Данные по химическому составу аэрозольных выпадений, полученных с помощью экспериментально созданного прибора (пробоотборник аспирационный полевой аэрозольный) в настоящее время находятся в обработке.

Таблица 2

Фоновые концентрации микроэлементов (мкг/л) в атмосферных осадках бассейна Селигера и на ЕТР [6]

	Fe	Mn	Cu	Ni	Zn	Co	Pb	Cd	Cr	I	Ba	Hg
дождевая вода	33,8	2,90	0,15	0,21	13,65	0,02	0,25	1,74	3,1	0,23	0,67	0,06
снеговая вода	42,1	11,03	1,16	0,48	12,92	0,04	0,17	0,08	1,33	6,43	1,23	0,1
фон атм.осадков ЕТР			1,6-5,2				1,1-7,7	<0,25				1,1

Значительное содержание Zn, Cd и Cr в атмосферных осадках связано с большим количеством их антропогенных источников. В то же время высокая удерживающая способность почв и растительности к ним приводит к тому, что большая часть этих элементов не поступает в водные объекты, а задерживается на водосборной территории.

Таким образом, на основе сопряженного анализа микроэлементного состава почв, донных отложений, растительности, поверхностных и грунтовых вод, а также проб атмосферных осадков (дождя и снега) получена комплексная геохимическая характеристика фоновых ландшафтов бассейна Селигера. Эти данные могут быть использованы при оценке интенсивности загрязнения ландшафтов верховья р. Волги, а также при проведении экологического мониторинга на оз. Селигер.

Литература

1. Структура и функционирование геосистемы озера Селигер в современных условиях. СПб.: Наука. 2004. 253 с.
2. Кудерина Т.М., Шилькрот Г.С. Мониторинг состояния озера Селигер в новых условиях природопользования / Теория и практика восстановления внутренних водоемов. Сб. тр. Междун. науч-практ. конф., 15-18 окт. 2007 г. СПб.: ЛЕМА. 2007. С. 224-230.
3. Экологическая карта Осташковского района Тверской области. М-б 1:100 000 / Под ред. В.И. Осипова, В.М. Чупахина. СПб.: Ин-т геоэкологии РАН. 2002.
4. Bowen H.J.M. Environmental Chemistry of The Elements. Academic Press. London-New-York-Toronto-Sydney-San Francisco. 1979. 250 p.
5. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник: в 6 кн. Кн. 1: s-элементы. М.: Недра.1994. 304 с.
6. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2009 г. /http://downloads.igce.ru/publications/reviews/review2010.pdf

УДК 631.434:528.8

ГЕОРАДАРНОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЧВ И ПОРОД

В.В. Сысуев, Б.П. Шевченко

Географический факультет МГУ, Москва, e-mail: v.v.syss@mail.ru

Перспективность геоэлектромагнитных методов измерения структуры и свойств почв демонстрировалась неоднократно [1, 2]. Тем не менее, георадарное подповерхностное зондирование, позволяющее с высокой производительностью и пространственной непрерывностью исследовать структуру почв, применяется не достаточно широко.

Исследования почв и отложений Валдайской возвышенности и вторично моренных ландшафтов Смоленско-Московской возвышенности проведено с помощью георадара «ОКО-2» с антенными блоками (АБ): «Тритон» с рабочими частотами 35-100 МГц для зондирования глубоких слоев и АБ двухчастотного излучения 700 и 250 МГц для почвенных горизонтов и почвообразующих пород.

Зондирование в краевой зоне Валдайского оледенения осуществлялось с АБ «Тритон» вдоль ландшафтных трансект с привязкой к абсолютным высотам и данным сплошной ленточной лесотаксационной съемки. Предварительно в каждом ландшафте выявлялись оптимальные режимы зондирования.

На радарограмме небольшого переходного болота хорошо разделилась торфяная ванна и минеральное дно болота, сложенное оглеенными озерными песками. Глубина торфяных слоев практически совпала с данными буровых измерений и их описанием в разрезе. Низко бонитетные болотные сосняки не влияют на качество радарограмм. В пределах болота границы фаций совпадают с границами резкого изменения глубины торфа. В краевых частях болота с небольшой мощностью торфа формируются осоково-пушицевые сообщества с сабельником, сосновый древостой здесь наиболее высокий (15-18 м) и продуктивный (запасы 170-210 м³/га). В центре массива с максимальной глубиной торфа (>3 м), преобладают фации со сфагново-пушицевой растительностью и редкостойным низко бонитетным сосняком (100 м³/га).

На большом верховом болоте «Обловское» с центрально-олиготрофным типом развития на радарограммах по всему массиву болота отчетливо выделяются 2 горизонта торфа: верхний слабо разложившийся верховой сфагновый торф мощностью 2-2,5 м.; и нижний сильно разложившийся торф. Также прослеживается тонкий

сапропелевый горизонт, подстилающий торф. Двум понижениям минерального дна торфяной ванны с глубиной торфа более 6 м соответствуют наиболее выпуклые, автономные части болота с олиготрофной растительностью – сосново-пушицево-клюквенно-сфагновая ассоциация с подбелом и росянкой, и самым угнетенным древостоем сосны высотой 4-6 м, и запасом 40-60 м³/га. Между наиболее глубокими частями болота формируются фации сосняков пушицево-сфагновых с миртом и кустарничками на торфах мощностью <3 м. Запас древостоя 60-80 м³/га, высота деревьев 6-10 м. На окраинах болота формируются сосново-кустарничковые сфагновые с тростником и сосново-голубично-сфагновые с багульником и черникой фации на хорошо разложившихся маломощных торфах (<2 м). Древостой достигает высоты 10-15 м, запасы 100-200 м³/га.

Хорошие результаты получены при зондировании глядово-котловинно-озового, камово-западного и озерно-флювиогляциально-зандрового ландшафтов. На радарограмме крутосклонной озовой гряды выделяется песчано-каменистое тело, направление и простираение слоев, характерная слоистость отложений и уровень грунтовых вод (УГВ). На вершине гряды УГВ превышает 6 метров и формируется елово-сосновый лес с максимальной высотой и запасами древостоя; на склонах где УГВ подходит к поверхности ель начинает преобладать над сосной, появляется ольха, запасы древостоя уменьшаются.

На камовом холме радарограмма наглядно показывает мощность и структуру отложений слабосортированных песков. Зондированием определен и верифицирован по данным бурения уровень грунтовых вод, выявлена глубина и границы камового образования, определена длина его простираения в пределах болотного массива, обнаружена пра-долина р. Ланинка. Отчетливо выявляется тесная связь УГВ и продуктивности древостоя. На вершине холма при УГВ 7-8 метров формируются сосняки лишайниковые и брусничниковые, с запасами древостоя 180-220 м³/га. На склонах грунтовые воды выклиниваются к поверхности, что хорошо видно на радарограмме. Запасы древостоя при оптимальном уровне грунтовых вод на склонах достигают 350-400 м³/га. В нижних переувлажненных частях склонов появляются ельники с запасом 80-120 м³/га. При переходе в болото происходит резкая смена условий местообитаний, формируются сфагново-багульниковые редкостойные сосняки, с запасами менее 100 м³/га - ландшафтная граница отмечается по контрастной смене типа и состава отложений на радарограмме.

При выставлении параметров максимальной глубины зондирования определена глубина залегания коренных пород карбона на глубине 33-35 м.

Зондирование конечно-моренных гряд, основную толщу которых слагают валунные влажные суглинки и глины, показало низкую проницаемостью волн этого диапазона. Убедительного разделения моренных отложений не было получено при опробованных режимах съемки. В целом можно выделить только поверхностный горизонт до глубины 2-4 метров неоднородный, темный и пестрый, интерпретируемый нами как почвенные и двучленные образования. Однако сканирование вдоль трансект дает очень хорошее воспроизведение термокарстового характера рельефа и структуры ландшафтов, скрытого в результате торфонакопления в термокарстовых воронках (рис. 1).

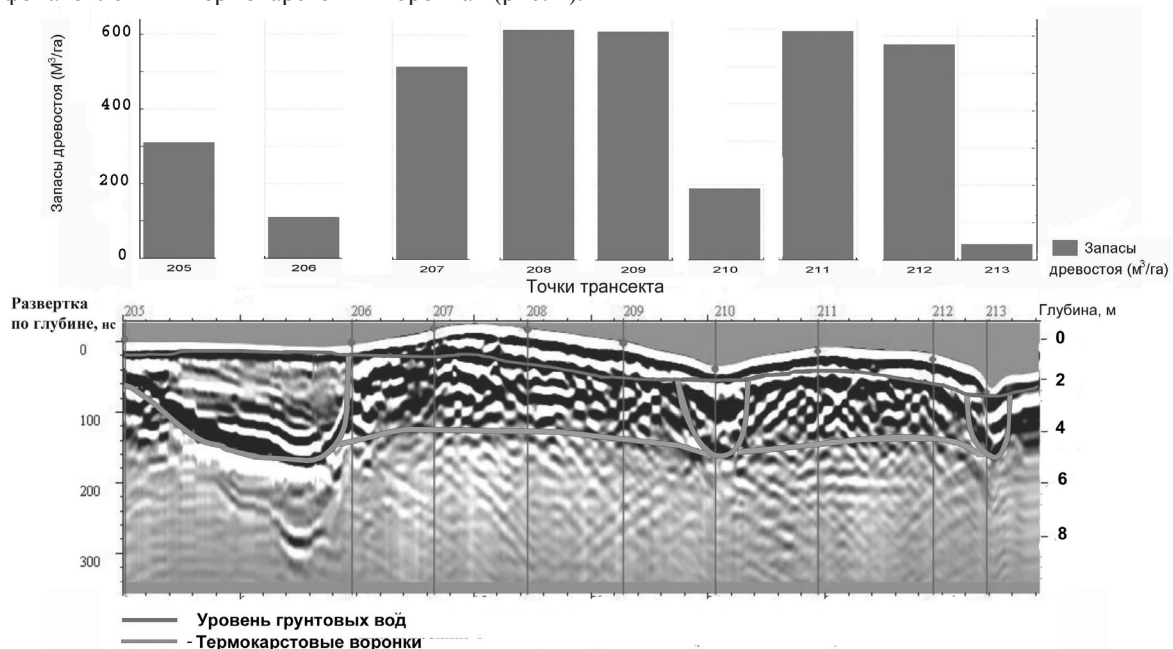


Рис. 1. Связь древостоя со структурой почв и отложений. Вверху – запас, м³/га, внизу – фрагмент радарограммы моренных суглинков.

Для выявления трехмерной структуры почв и подповерхностных отложений использованы возможности площадного георадарного зондирования на двух частотах излучения 700 и 250 МГц. Съемка проведена на территории УНС «Сатино» географического факультета МГУ в Калужской области. Покровные суглинки, перекрывающие четвертичные отложения, сильно гасят радиосигналы зондирования, что привело к неудаче в экспериментах с АБ «Тритон». Однако чрезвычайно сухой и жаркий летний период 2011 г. способствовал увеличению глубины и разрешающей способности более высокочастотной георадарной съемки, что позволило

получить содержательные результаты (рис. 2).

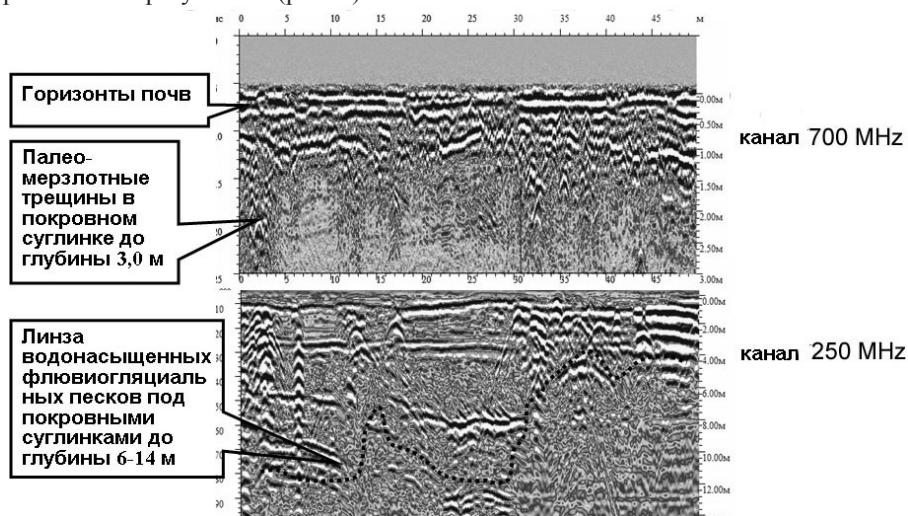


Рис.2. Фрагменты радарограмм, полученных с помощью АБ-700+250 МГц. Вверху вертикальная структура почв на склоне, внизу фрагмент структуры четвертичных отложений в нижней части склона Сенокосной балки.

Площадная съемка проводилась галсами длиной 200 м вдоль размеченного склона Сенокосной балки. Ширина между галсами 2 м, ширина полигона 20 м. Одновременно проводилась GPS съемка вдоль галсов. Использование АБ 250 + 700 МГц позволяет существенно увеличить детальность и корректность получения информации. На радарограммах, полученных при частоте 700 МГц с разрешающей способностью по вертикали 0.05-0.1 м, отчетливо дешифрируются трехмерные структуры горизонтов почв: пахотный горизонт по глубине плужной подошвы на глубине 20-25 см; границы легко суглинистых горизонтов с тяжелого суглинистыми горизонтами в покровных суглинках на глубинах 50-60 см. Характерными элементами являются вертикальные структуры почв: трещины, ширина которых в верхней части достигает метров, прослеживающиеся на глубины более 2,5 м. Радарограммы, полученные при частоте 250 МГц, имеют разрешающая способность порядка 0.25-0.30 м. В нижней части склона Сенокосной балки фрагмент радарограммы вскрывает линзу водонасыщенных песчаных отложений, которые под покровными и делювиальными суглинками с глубины 2,5-3 м прослеживаются до глубин более 8 м. Эти отложения характеризуются волнистой и косою слоистостью и несогласным залеганием, что свидетельствует в пользу их флювиогляциального происхождения. Ранее эти отложения, вскрытые системой профилей буровых скважин, описаны как флювиогляциальные пески, выполнившие ложбину стока талых ледниковых вод на стадии деградации московского ледникового щита [3].

Наличие GPS датчиков позволяет точно привязывать данные георадарной съемки к картографическим или дистанционным изображениям в ГИС соответствующего масштаба. В результате простыми операциями производится трехмерная привязка линзы лимногляциальных отложений легкого механического состава, обнаруженной на глубине свыше 2 м под покровными и делювиальными тяжелыми суглинками (рис. 3). Все съемка вместе с подготовкой оборудования и разметкой галсов заняла 4 часа.

Метод георадиолокации убедительно показывает, что литогенная основа (структура, состав и мощность отложений, уровень грунтовых вод) играет ведущую роль в дифференциации структурных единиц ландшафта и типов условий местопроизрастания. Пространственная непрерывность и высокая оперативность, возможность изменения параметров зондирования данных позволяет исследовать трехмерную структуру почв и отложений.



Рис. 3. Координатная привязка линзы водонасыщенных лимногляциальных отложений, обнаруженных георадарной съемкой под покровными суглинками на склоне Сенокосной балки. Приведен горизонтальный срез площадной съемки на глубине 2,5 м

Литература

1. Бердников В.В. Палеокриогенный микрорельеф центра Русской равнины. М.: Наука, 1976. 126 с.
2. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986.
3. Еременко Е.А., Панин А.В. Ложбинный мезорельеф Восточно-Европейской равнины. М.: МИРОС, 2010. 192 с.

УДК [911.2:550.4]:001.891.57

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В.В. Сысоев

Географический факультет МГУ, Москва, e-mail: v.v.syss@mail.ru

Каскадные ландшафтно-геохимические системы (КЛГС) объединяются в единое целое потоками вещества и энергии от верхних гипсометрических уровней к нижним [1]. Ландшафтно-геохимические катены - природные комплексы, объединенные однонаправленной миграцией элементов, рассматриваются как простейшие КЛГС нулевого порядка, в пределах более сложной по структуре каскадной системы водосборного бассейна первого порядка. Порядок КЛГС определяется по схеме Философова-Стралера [2].

Теоретическое описание структуры КЛГС основано на морфометрии параметров геофизических полей гравитации и инсоляции, 1-ой и 2-ой теоремах о механизмах аккумуляции вещества, концепциях Хортон и Философова-Стралера [3], а также принципах систематики почвенно-геохимических катен [2].

Первый механизм аккумуляции связан со сближением потоков, создающим предпосылки аккумуляции переносимых поверхностным стоком сыпучих и жидких веществ. Количественной мерой схождения-расхождения потоков является дивергенция линий тока. В соответствии с 1-ой теоремой [4] дивергенция вектора линий тока равна плановой кривизне поверхности k_p : сближение линий тока происходит в тех участках местности, где $k_p < 0$ и расхождение - где $k_p > 0$. Плановая кривизна k_p земной поверхности, равная кривизне горизонтали - параметр количественного описания первого механизма аккумуляции (k_p часто заменяют более удобной для вычислений горизонтальной кривизной).

Второй механизм аккумуляции связан с относительным замедлением потоков на вогнутых по профилю участках склонов, где уменьшается крутизна (фактор крутизны). В соответствии со 2-ой теоремой [4] производная фактора крутизны по длине линии тока равна вертикальной кривизне k_v . Второй механизм аккумуляции действует на вогнутых по профилю склонах, где $k_v < 0$.

Механизмы аккумуляции и их связь с кривизной позволяют построить гибридную карту зон относительной аккумуляции и сноса. Зонами аккумуляции являются участки земной поверхности, в которых оба механизма действуют одновременно. Зонами сноса являются участки земной поверхности, в которых ни один из этих механизмов не действует - на этих участках потоки мигрантов расходятся и испытывают относительное ускорение. Промежуточные зоны - зоны транзита. Морфометрическая формализация зон относительного накопления и выноса соответствует ландшафтно-геохимическому пониманию сопряжения элементарных ландшафтов [1]. Естественно, необходимо еще учитывать тип геохимического сопряжения, соотношение геохимических обстановок в автономных и гетерономных почвах и другие принципы систематики почвенно-геохимических катен [2].

Способность форм рельефа влиять на потоки носит характер топографических предпосылок. Вещества движутся быстрее там, где больше крутизна склона, лишь при прочих равных условиях - одинаковом эффективном трении, определяемом вещественным составом склона, растительностью, компонентами мигрирующих веществ и т.д.

Важными параметрами переноса вещества в ландшафтах являются удельная площадь сбора (SCA – англ. specific catchment area) и удельная площадь дисперсии. SCA показывает, с какой площади в каждый элемент поверхности могут собираться со всех склонов сыпучие и жидкие вещества. На практике SCA прогнозирует как реализованную, так и потенциальную гидросеть. Для расчета удельной площади дисперсии, описывающей, на какую площадь могут распределяться из данного элемента поверхности сыпучие и жидкие вещества, достаточно инвертировать матрицу высот (заменить z на $-z$), после чего использовать алгоритм для расчета SCA.

Расчет морфометрических параметров на основе цифровых моделей рельефа (ЦМР) позволяет отображать пространственную иерархию КЛГС.

Исследовались бассейны таежных рек 1-го порядка (по гидрологической классификации) в зоне Валдайского оледенения. Водосбор р. Межа расположен в перигляциальной зоне и имеет довольно развитую дренажную сеть, заболоченность менее 50 %. Водосбор р. Лонинка расположен в озерно-водноледниковом задровом ландшафте краевой зоны оледенения, заболоченность около 70 %. Заболоченность водосбора р. Таежный Лог в пределах конечно-моренной равнины 22 %. Параметры структуры получены в ГИС ЭКО (П.А. Шарый), FracDim (Г.М. Алещенко, Ю.Г. Пузаченко), SAGA (Bohner, O.Konrad, et al), TauDem в GIS Windows (D. Tarboton)

В большинстве ГИС традиционным стал подход Р.Хортон: водоток формируется, когда интенсивность поверхностного стока оказывается достаточной для того, чтобы сформировать эрозионную русловую форму рельефа. Для этого вводятся параметры интенсивности поверхностного стока, к которым относят эродирующую силу, SCA, величину расстояния до водораздела и др.

Работа автоматизированных алгоритмов выделения водотоков в растровых слоях ГИС включает ряд этапов. Сначала на карте одного из параметров выделяются ячейки с величинами, превышающими заданный порог – потенциальные точки истоков. На втором этапе программа проводит водотоки из заданных

истоков, удаляя истоки, через которые проходит сток с более высоких истоков. На третьем этапе отсекаются водотоки, меньшие некоторой минимальной длины. Процесс регулируется изменением значений пороговых параметров аккумуляции стока и минимальной длины водотока. Оценка гидрологической согласованности производится вычислением отклонений рассчитанной дренажной сети, от фактической речной сети, взятой из картографического источника, либо измеренной в поле.

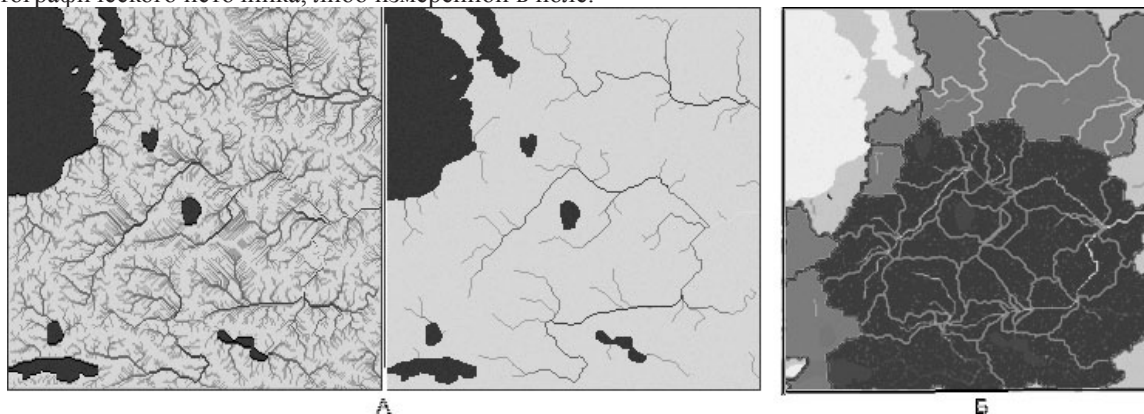


Рис. 1. Выделение порядка водотоков (А) и водосборов (Б) р. Лонинка в TauDem в GIS Windows

Численным моделированием установлено, что критическим параметром, наиболее достоверно описывающим дифференциацию КЛГС водосборов таежных рек Лонинка и Межа, является SCA.

Водосборная геосистема р. Лонинка перед слиянием с р. Чернушкой имеет 2-ой порядок, несмотря на площадь бассейна порядка 5 км². Это обусловлено неразвитостью дренажной системы. КЛГС формируются замедленным стоком маломинерализованных, кислых почвенно-болотных вод. Расчёт скорости латерального поверхностного стока по априорным данным производился в ГИС SAGA. Наряду с обязательными параметрами водосбора (высота, уклон, SCA, и др.) задаются параметры водотоков и русел, осадков и климата. Распределенные параметры были заданы с помощью модели структуры ПТК [3]. Численное моделирование показало, что использование даже табличных параметров процессов позволяет выявить распределение скоростей стекания поверхностных вод. Так, на большей части бассейна при интенсивности осадков до 10 мм/час наблюдаются крайне низкие значения скорости стекания - 0,01 м/с и менее. Более высокие скорости наблюдаются исключительно в руслах ручьев и речек (0,025-0,4 м/с). Поскольку водосбор является заболоченной кочковатой равниной, прорезанной редкими руслами, в которых и наблюдается сток, это вполне реально. Для верификации расчетов проведены полевые измерения скоростей и расходов р. Лонинка в характерных створах. Во всех случаях предсказанные скорости отличаются от измеренных не так сильно, как ожидалось (рис. 2).

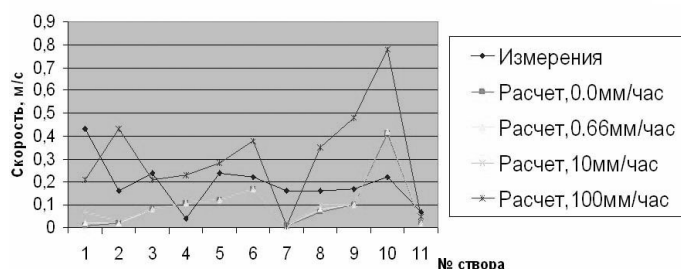


Рис. 2. Скорости течения р. Лонинка и притоков. Расчеты с заданной интенсивностью осадков.

В условиях пересеченного конечно-моренного рельефа ведущим фактором формирования КЛГС 1-2-го порядков является латеральный внутриводосборный сток. Сопряжение в почвенно-геохимических катенах существенно зависит от класса соотношения условий миграции в автономных и гетерономных ландшафтах. В формировании КЛГС 3-го порядка ведущую роль приобретает грунтовый сток с повышенной минерализацией, нейтральными и слабощелочными водами.

В условиях более древнего рельефа перигляциальной зоны геосистема водосбора р. Межа (в створе д. Федоровское) имеет пятый порядок. Зависимость средних значений площади водосбора (Y) от его порядка (X) с высокой достоверностью описывается уравнением вида $Y=0.42 \cdot X^{2.53}$. Данные по площадям геосистем 1-го порядка имеют распределение близкое к логнормальному. Измерения выявили нелинейную зависимость расходов от средней площади водосборов, и порядка водосбора. В летнюю межень остаются только водотоки 4-5 порядков, в засушливые годы их расходы падают до 1 л/с. В соответствии с уменьшением расходов воды в этих водотоках становятся менее кислыми, их минерализация увеличивается за счет возрастания доли почвенно-грунтового стока.

Полученная физико-математическая модель структуры и процессов гидрологического функционирования КЛГС в качестве начальных и граничных условий будет использована для теоретического описания пространственной миграции элементов.

Литература

1. Глазовская М.А. Ландшафтно-геохимические системы и их устойчивость к техногенезу // Биогеохимические циклы в биосфере. М.: Наука. 1976. С. 99-118
2. Касимов Н.С., Самонова О.А. Ландшафтно-геохимические системы и процессы // Функционирование и современное состояние ландшафтов. М.: Изд-во «Городец». 2004. С. 479-489.
3. Сысуев В.В. Моделирование геофизической дифференциации геосистем // Функционирование и современное состояние ландшафтов. М.: Изд-во «Городец». 2004. С. 48-71.
4. Shary P.A. Land surface in gravity points classification by a complete system of curvatures // Mathematical Geology, 1995. V. 27. No 3. P. 373-390.

УДК 550.846

БИОГЕННАЯ МИГРАЦИЯ ЗОЛОТА В ЛАНДШАФТАХ ЗОЛОТОРУДНЫХ ПОЛЕЙ ГОЛЬЦОВОЙ ЗОНЫ ВОСТОЧНОГО САЯНА

Т.Т. Тайсаев

Бурятский государственный университет, Улан-Удэ, e-mail: taisaev@bsu.ru

Гольцовая зона в Южной Сибири занимает вершинный пояс высоких и средних гор. В расчлененной гольцовой зоне скальные выходы и курумы осевых частей гребней представляют собой сухие каменистые пустыни и лишайниковые гольцы. Кустарниково-моховая, осоково-моховая, лишайниково-моховая тундра с редким травяным покровом и редколесьем сибирской лиственницы и кедра распространена на гольцовых плато и в подножии склонов, по днищам ледниковых и речных долин расчлененных гольцов. В гольцах растительность несомкнутая, фрагментарная и развита на участках скопления мелкозема.

Биогенная концентрация золота изучена на месторождениях и рудопроявлениях золото-кварцевой и золото-сульфидной формации Урик-Китойской золоторудной зоны (УКЗЗ). Золото-кварцевые жилы приурочены к зонам разломов среди гранитов докембрия и палеозоя. Золото-сульфидное оруденение связано с горизонтами черных и зеленых сланцев в вулканогенно-терригенных комплексах рифея и палеозоя и офиолитах венда. В бассейне р. Самарты на золотых рудопроявлениях формируются комплексные лито-, гидро- и биогеохимические аномалии. В литохимических ореолах преобладает тонкое золото размерностью 3—9 мкм [1].

Золото в золе растений определялось в Геологическом институте СО РАН спектрохимическим методом (аналитик Л.В. Митрофанова) с пределом обнаружения 0,5 мг/т. Изучена каскадная ландшафтно-геохимическая система (КЛГС) Пионерского месторождения и ряда рудопроявлений золота, вскрытых в ледниковых карах. КЛГС включает сопряженный ряд геохимических аномалий золота: на днище кара, в торфяниках бывших озер и речных потоках, вложенных в золотоносную морену троговой долины.

Биогеохимические аномалии золота Пионерского месторождения на днище ледникового кара и в подножии - курумовых склонов связаны с суффозионными и водными ореолами золото-кварцевых жильных зон. Содержание золота в ернике, смородине, рододендроне и коре сибирской лиственницы достигает 1,7—5 г/т ($A_{Au} = 250—1000$), в ягеле и мху 1—2 г/т ($A_{Au} = 100—500$), соответственно отражая высокие содержания золота в суффозионных ореолах, на которых они растут.

Торфяники образуются на месте подпрудных озер перед ригелями и моренными валами. Озерные илы, мхи, травы и торфяники обогащены золотом. Содержание золота в торфах колеблется от 0,01 до 0,10 г/т.

Биогеохимический поток рассеяния золота проявлен по р. Бужгунтей Жалга на участке литохимического потока золото-кварцевого рудного поля (табл. 1). Кора сибирской лиственницы – своеобразный геохимический барьер концентрации золота (0,5-1,6 г/т) по сравнению с ветвями и шишками.

Зеленые мхи, покрывающие валуны и глыбы в русле ключа, поглощают золото из золотосодержащей взвеси, которая накапливается в них во время частых паводков [3]. Моховая подушка, покрывающая валуны, представляет собой своеобразный механический фильтр на пути водного потока и извлекает из него золотосодержащую взвесь. По моховой подушке четко выделяется литохимическая (во взвеси) и биогеохимическая (во мху) составляющая потоков рассеяния золота. Другие растения, по которым фиксируется биогеохимический поток рассеяния золота, произрастают вдоль руслового потока, где скапливается мелкозем.

Таблица 1

Содержание золота (г/т) в золе растений и коэффициенты их биологического поглощения (A_{Au}) на участке литохимического потока рассеяния золота (0,0 п – 0, п г/т)

Биообъект	Число проб	Пределы колебаний	Среднее содержание	A_{Au}
Первая точка				
Сибирская лиственница	10	0,5-1,6	1,2	280
кора	8	0,01-0,05	0,04	9
ветви	6	0,01-0,08	0,05	11
шишки				
Ива	5	0,008-0,20	0,15	35
Рододендрон	6	0,005-0,30	0,20	40
Ягель (олений мох)	8	0,07-0,25	0,15	35
Зеленые мхи на валунах	10	0,1-0,36	0,25	58
Опад (хвоя, листья)	9	0,03-0,14	0,1	23

Вторая точка				
Кора сибирской лиственницы	3	0,05-0,8	0,46	107
Ягель (олений мох)	2	0,089-0,24	0,18	42
Зеленые мхи на валунах	5	0,05-0,20	0,10	23
Ерник	2	0,008-0,20	0,15	35
Золотой корень	4	0,04-0,08	0,06	14
Третья точка				
Кора лиственницы	3	0,8-1,5	1,2	280
Ревень	2	0,5-0,78	0,64	148
Разнотравье	2	0,02-0,5	0,26	62
Чабрец	2	0,04-0,08	0,06	14
Зеленые мхи на валунах	4	0,1-0,3	0,2	40

Золотом обогащаются литофильные лишайники, покрывающие скальные выходы и глыбы. Содержание золота в черных листоватых лишайниках зависит от его содержания в исходных горных породах, на которых они ПОСЕЛЯЮТСЯ. Высокие содержания золота (больше 1 г/т) отмечены в лишайниках на золотосодержащих породах. Литофильные лишайники - хороший индикатор золотоносности горных пород.

В гольцах растет реликтовое растение — выходец из сухих степей Центральной Азии, карагана гривастая. Она поселяется в подножии сухих южных склонов и на выходах известняков. Содержание золота в этом растении на золоторудных зонах достигает 0,06—1,0 г/т, что в 30—240 раз выше, чем на фоне.

В больших содержаниях золото накапливается в гольцовых растениях, произрастающих на отвалах бывшей золотоизвлекающей Самартинской фабрики золото-кварцевых и золото-сульфидных руд. Содержание золота в смородине, рододендроне, акации достигает 2—4 г/т. Такие аномалии золота образуются в гольцах за 25—30 лет.

В гольцах растения извлекают и удерживают подвижные формы золота из коренных пород, их литохимических ореолов и потоков рассеяния и растворимое золото из вод, а также фиксируют восходящие солевые (наложенные) ореолы диффузионной природы погребенного оруденения.

На золоторудных зонах золото концентрирует большинство растений гольцовых ландшафтов — кустарнички, мох, лишайники, кора лиственницы и травы. Эти растения рекомендуются нами для биогеохимических поисков золоторудных зон. Несомкнутость и мозаичность их распространения затрудняют их использование для поисков. В этом отношении интересен ягель (олений мох), который образует сомкнутые сообщества и покровы. Они покрывают большие пространства гольцовых плоскогорий — солифлюкционные склоны, днища речных и ледниковых долин, где развиты погребенные рудные зоны. По ягелю нами выделяются наложенные аномалии золота (0,0 п – 0, п г/т) погребенных золото-сульфидных зон солифлюкционными покровами [2].

Золото по пищевым цепям поступает в организм животных (суслики, зайцы, пищухи, горные козлы и др.), живущих постоянно на золоторудных полях. Летом на высокогорных пастбищах пасется крупный рогатый скот и лошади. Суслики поселяются на сухих южных хорошо прогреваемых склонах, конусах выноса, моренных и речных террасах, покрытых разнотравьем и злаками. Колонии сусликов устойчивые и локальные, охватывают малые водосборы, где проявляются лито- и биогеохимические ореолы и потоки рассеяния золоторудных полей. Содержания золота в травах, которыми питаются суслики в пределах этих аномалий, достигают 0,005—0,028 г/т. Повышены содержания золота (0,025-0,05 г/т) и в организме сусликов таких местообитаний и зависят от содержания в исходном литогенном субстрате. Содержание золота в организме и экскрементах зайцев и пищух, живущих на золоторудных полях, достигает соответственно 0,01-0,02 и 0,005-0,01 г/т. Они питаются побегами ерника, ивы и травами, обогащенными золотом (0,05—0,015 г/т).

Нами проведен эксперимент поступления золота в организм лошади. Она в конце июля в течение 10 суток паслась на лугу среди низинных торфяников, в загоне в пределах комплексной лито-, гидро- и биогеохимической аномалии золота. Эта аномалия образовалась в результате выноса золота склоновыми водами в ледниковую долину с золото-кварцевой жильной зоны Пионерского месторождения. Лошадь питалась злаками и разнотравьем. Содержание золота в этих травах на входе равно 0,0050-0,017 г/т, а в экскрементах лошади на выходе – 0,14-0,028 г/т. Повышенные содержания золота (0,008-0,012 г/т) отмечаются и в экскрементах крупного рогатого **скота** в экосистемах золоторудных полей.

В гольцовых ландшафтах золото активно включается в биологический круговорот и тесно связано с энергичной водной миграцией золота в криогенных системах [4]. А.И. Перельман относит золото к элементам интенсивного биологического накопления, что определяет его концентрацию в торфяниках, сапропелях и углях рудных зон.

В УКЗЗ и прилегающей к ней Ильчирской котловине, заложенной в офиолитовой формации с золотоносной черносланцевой толщей, сформировались высокопродуктивные лугово-болотные отгонные пастбища КРС и лошадей. А озера и речки отличались до недавнего времени обилием хариуса, ленка и тайменя с выраженным гигантизмом. Здесь были места поселения коренных жителей – саётов.

Литература

1. Тайсаев Т.Т. Литохимические потоки рассеяния золота в областях горного облесения Сибири // ДАН СССР, 1985. т. 282, № 3, С. 693-696.
2. Тайсаев Т.Т., Константинова И.М. Концентрация золота в ягеле на золоторудных полях гольцовых ландшафтов // ДАН СССР, 1988, т. 302, № 3, С. 706-709.

3. Тайсаев Т.Т. Способ поисков месторождений золота. А.с. СССР № 1160349. – Бюлл. изобретений, 1985, № 21.
4. Тайсаев Т.Т. Криогенные системы некоторых золото кварцевых месторождений // ДАН СССР, 1991. т. 317, №2, с. 440-443.

УДК 550.4

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ КАРАБАШСКОГО МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО КОМБИНАТА ПОСЛЕ ЕГО МОДЕРНИЗАЦИИ

Ю.Г. Тацкий

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва, e-mail: tatsy@geokhi.ru

В результате многолетней деятельности Карабашского медеплавильного комбината (КМК) из-за грубых нарушений принципов рационального землепользования, отсутствия современных газоочистных сооружений в городе сложилась крайне неблагоприятная экологическая обстановка – огромная площадь нарушенных земель, загрязнение почв, атмосферного воздуха, водоёмов, подземных вод вредными веществами, гибель растительности.

В районе действия комбината наблюдается значительная деградация биоценоза – обеднение видового состава, снижение наземной фитомассы. В зоне сильного поражения происходит полное выпадение таких компонентов как подрост и подлесок. Наблюдается торможение деструктивных процессов, о чём свидетельствует увеличение запаса лесной подстилки и снижение показателя биологической активности почв в зонах сильного и среднего поражения.

В начале 2000-х в этом районе было осуществлено несколько международных проектов с целью оценки экологического состояния. С 2004 г. осуществляется коренная модернизация производства – запущен новый плавильный комплекс, начато производство серной кислоты, налажена очистка отходящих газов, что позволило существенно снизить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.

Целью работы являлся предварительная оценка загрязнения окружающей среды и сопоставление с данными, полученными до модернизации комбината.

Рельеф района представляет собой сочетание относительно невысоких увалов (с высотами 400–600 м) с межувальными понижениями. Трубы комбината находятся на уровне высот западных гор и ниже восточных на 100-120 м. Преобладание ветров западных, юго-западных и северо-западных направлений создает чрезвычайно сложную картину распределения аэральных промвыбросов, а в безветренную погоду приводит к их оседанию на городской территории.

Зональным типом почв в районе Карабаша являются серые лесные почвы, которые характеризуются нейтральной или слабокислой реакцией почвенного профиля с рН от 5,8 до 6,7, низким содержанием гумуса, малой суммой обменных катионов и отсутствием карбонатов. Это определяет невысокую природную буферность почв и потенциально слабую комплексобразующую способность отдельных фракций почв для связывания поступающих с аэральным потоком тяжелых металлов.

Несмотря на снижения выбросов экологическая ситуация в регионе остается крайне сложной и создана она более чем 100-летней деятельностью КМК, в течение которых были созданы предпосылки для развития активных деградационных процессов - эрозии почв и исчезновения растительного покрова. За время работы КМК на прилегающей к нему территории сформировались две природно-техногенные зоны: импактная и буферная.

В импактной (опустыненной) зоне воздействие выбросов и вырубка лесов разрушили основной механизм, обеспечивающий устойчивость почвенного покрова и активизировали развитие на склонах плоскостной и линейной эрозии. Эта зона характеризуется отсутствием естественной растительности, почвенного покрова и наиболее высоким уровнем загрязнения тяжелыми металлами.

Буферную зону можно разделить на две подзоны – мертвopoкpовного березняка и деградированных лесов. Зона мертвopoкpовного березняка выделена по морфологическим признакам состояния березы, наиболее устойчивого к дымам медеплавильного производства вида. Ее прилегающая к импактной зоне внутренняя часть постоянно испытывает приземное задымление, поэтому березняк здесь низкорослый, кривоствольный, с признаками хлороза, в то время как во внешней части он более высокий и без деформации стволов. В березняках на расстоянии до 4 км от КМК, наблюдается полное отсутствие естественного возобновления. Для всей зоны характерно угнетение хвойных пород, их отсутствие на значительных территориях, образование при естественном восстановлении в основном лиственных лесов.

Воздействие выбросов КМК привело к значительному накоплению вредных металлов и металлоидов I и II классов опасности в сохранившейся почве, зачастую используемой населением под частные огороды, сады, индивидуальные выгоны. Содержания в буферной зоне As превышают ПДК [1] в 40-250 раз, Cu в 30-130 раз, Ni в 7 раз, Pb в 11-30 раз, Zn в 10-34 раза, S в 40 раз, Hg в 2 раза. Геохимическая ассоциация для буферной зоны на расстоянии 2,5 км от источника загрязнений - $Cu_{147}As_{99}Hg_{76}Pb_{60}Zn_{37}Sb_{20}Ni_{14}Cd_{12}Cr_7$, а суммарный показатель загрязнения Z_c для этой зоны составляет 250-500, что соответствует чрезвычайно высокому уровню техногенного загрязнения и чрезвычайно опасной степени санитарно-токсикологической опасности.

Хорошим индикатором загрязнения является лесная подстилка, которую можно рассматривать и как аккумулятор поллютантов. С приближением к источнику выбросов происходит накопление, увеличение мощности (толщины) лесной подстилки, ее валовый запас в буферной зоне более чем в 4 раза превышает аналогичный показатель для фонового района. Антропогенное воздействие снижает скорость биохимических процессов и в условиях сильного загрязнения тормозит или полностью прекращает процесс

деструкции органического вещества в подстилке. Кроме того, изменяется фракционный состав подстилки, в непосредственной близости от комбината в ее составе отсутствуют следы живого напочвенного покрова.

Образец подстилки, отобранный в зоне мертвопокровного березняка и состоящий практически из березового опада с отсутствием следов разложения, показал экстремально высокие концентрации практически по всем элементам (табл.). Для сравнения приведены данные по березовому опаду, полученные для относительно чистого региона Канады [2]. Опад создает один из самых мощных потоков металлов и металлоидов в гумусовый горизонт почв. Учитывая, что загрязнение опада носит в основном аэротехногенный и сезонный характер, то даже с учетом не совсем корректного отбора наших образцов и большого стандартного отклонения для канадских результатов, такое большое различие в концентрациях и высокое содержание серы свидетельствует о продолжающемся интенсивном загрязнении окружающей среды даже после модернизации КМК.

Таблица 1

Содержание металлов и серы в подстилке буферной зоны (мг/кг)

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	S	V	Zn
Наши данные	558	100	7,4	12,5	12165	4,5	2517	42	9609	6842	6842	17215
Данные [2]	0,12	0,45	0,47	0,74	4,65		974	3,07	1,1		0,17	57,0

Таким образом, в условиях жесткого антропогенного воздействия медеплавильного производства на окружающую среду в районе Карабаша образовалась техногенная геохимическая аномалия. Несмотря на программы развития и реабилитации этого района, а также модернизацию производства и существенное снижение выбросов в атмосферу, концентрации тяжелых металлов остаются достаточно высокими и представляют опасность для здоровья населения.

Литература

1. Гигиенические нормативы «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве». ГН 2.1.7.2041-06.
2. Landre A.L., Watmough S.A., Dillon P.J. Metal pools, fluxes, and budgets in an acidified forested catchment on the Precambrian Shield, Central Ontario, Canada // Water Air Soil Pollut., 2010. Vol. 209. No. 1-4. P. 209–228.

УДК 631.41

ОСОБЕННОСТИ БИОПРОДУКТИВНОСТИ ПОСТАГРОГЕННЫХ ПОЧВ ЮЖНОЙ ТАЙГИ

В.М. Телеснина

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москвы, e-mail: vtelesnina@mail.ru

Цель работы – изучение динамики ряда показателей биологического круговорота в ходе постагрогенного восстановления экосистем южной тайги, во взаимосвязи с некоторыми свойствами почв. Исследования проводили на территории Костромской области. Объекты исследования представляют собой разные стадии постагрогенного лесовосстановления:

Пашня, засеянная овсом. Почва – агродерново-подзолистая.

Залежь 5-7 лет. Почва – агродерново-подзолистая реградированная.

Залежь 10-13 лет. Луг с отдельно стоящими деревьями ивы. Почва – агродерново-подзолистая реградированная.

Осиново-березовый лес 35 лет. Почва – дерново-подзолистая постагрогенная.

Полновозрастной березово-еловый лес (контроль). Почва – подзолистая.

Продуктивность травяного яруса определяли несколько лет подряд методом укосов (надземная масса) и монолитов (подземная), масса разных фракций древостоя рассчитана аллометрически [1]. Укосы разбирали по видам; в преобладающих видах определяли содержание азота и зольных элементов. В почвенных образцах определяли углерод и актуальную кислотность, а также микробную биомассу по субстрат-индуцированному дыханию.

В ходе зарастания пашни лесом происходит изменение количества и структуры фитомассы в фитоценозах. Растительность залежи 5-7 лет характеризуется довольно высокой биомассой травяного яруса. Уже через 5-6 лет надземная масса травяного яруса резко уменьшается, при этом начинают появляться отдельные деревья, в результате доля многолетней биомассы составляет более 50%. После смыкания древостоя многолетняя биомасса составляет более 80%; в ежегодно отчуждаемом опаде лиственный опад преобладает над травяным. Корневая масса травяного и травяно-кустарничкового яруса резко уменьшается в полновозрастном лесу. Поскольку в наибольшей степени участвуют в биологическом круговороте ежегодно отмирающие части растений, отдельно посчитана масса легкоразлагаемого опада, т.е. совокупность надземной биомассы травяного яруса (кроме зимнезеленых растений), 1/3 части подземной биомассы травяного яруса [2], а также листья деревьев.

Экосистема пашни характеризуется минимальным поступлением легкоразлагаемого опада, т.к. надземная часть отчуждается, а подземная незначительна. В травяных экосистемах залежей основную часть легкоразлагаемого опада составляют корни, в экосистеме 35-летнего леса – опад березы и осины. Поскольку зольность трав в среднем больше зольности лиственного опада, а зольность корней выше зольности трав, и таким образом корни имеют большее значение в круговороте элементов [3], закономерности поступления зольных элементов и азота отличаются от закономерностей поступления опада (табл. 2). В ходе сукцессии сумма поступающих с опадом зольных элементов максимальна в экосистеме молодой залежи, главным образом за

счет корней, и резко падает через 5 лет за счет снижения зольности надземной части преобладающих растений. Второй максимум поступления зольных элементов соответствует стадии 35-летнего леса за счет количества поступающего листового опада. Минимум поступления зольных элементов соответствует полновозрастному лесу. Что касается поступления азота, минимальное значение соответствует пашне и полновозрастному лесу, в экосистемах залежей значения примерно одинаковы, а в экосистеме мелколиственного леса поступление азота вдвое выше, чем на залежах (табл. 2) – естественно, за счет поступления опада мелколиственных деревьев. Общее поступление азота и зольных элементов наиболее интенсивное в экосистеме мелколиственного леса, причем азот резко преобладает над зольными элементами. Запасы азота и зольных элементов в ветоши и лесных подстилках закономерно возрастают в ходе постагрогенного лесовосстановления.

Таблица 1

Запасы биомассы в разных блоках постагрогенных экосистем, т/га

Площадка, возраст угодья	Трав. ярус, надземная часть	Трав. ярус, подземная часть	Многолетние части древостоя	Листва (хвоя)	Сумма
Пашня	0	5,91	0	0	5,9
Залежь 5-7	3,1	17,4	0	0	20,5
Залежь 10-13	0,64	20,7	26,8	1,2	49,3
Лес 35	0,37	13,2	162,0	15,0	190,6
Лес полн.	0,67	5,7	191,3	7,8 (4,6)	210,1

Таблица 2

Поступление зольных элементов и азота с легкоразлагаемым опадом, г/м²

	С листовым опадом		С опадом травяного яруса		С опадом корней трав. яруса		С зелеными частями опада		Общая сумма	
	З.э.	азота	З.э.	Азота	З.э.	азота	З.э.	азота	З.э.	азота
Пашня	-	-	-	-	22,0	2,5	-	-	22,0	2,5
Залежь 5-7	-	-	27,0	4,3	72,0	26,9	27,0	4,3	99,0	31,2
Залежь 10-13	10,6	2,1	8,0	2,7	52,0	27,0	18,6	4,8	70,6	31,8
Лес 35	54,7	41,4	1,5	0,43	36,0	18,7	56,2	41,8	92,2	60,5
Лес полновозр.	7,2	6,9	4,6	2,1	2,8	2,1	11,8	9,0	14,6	4,3

В ходе постагрогенного лесовосстановления наблюдается устойчивое возрастание актуальной кислотности почв в верхней части профиля. Если в почве пашни рН составляет 5,4-5,8, то в почвах травяных залежей – 4,3-5,1, а в лесных почвах - 3,3-3,7. Содержание и запасы органического углерода в верхней части профиля (0-30 см), напротив, устойчиво возрастают в ходе сукцессии. Так, почва пашни характеризуется минимальными запасом углерода (25,9 т/га), тогда как в почвах травяных залежей он достигает 30-40 т/га, а в почве полновозрастного леса, с учетом подстилки – 50 т/га. Подобные закономерности соответствуют данным, полученным другими авторами [4].

Для каждой сукцессионной стадии определяли субстрат-индуцированное дыхание (СИД) почв и подстилок как один из показателей биологической активности. На основании СИД рассчитана биомасса почвенных микроорганизмов [5], а также запасы микробного углерода в старопахотной толще. Для почвы пашни характерны низкие показатели СИД (табл.3), что говорит о низкой степени окультуренности. Через 5-7 лет после прекращения распашки СИД увеличиваются с 6-7 до 10-14 мкгСО₂/г час. Соответственно увеличивается и микробная биомасса почвы. Еще через 5 лет СИД почвы снова уменьшается почти до тех же значений, что определены для пашни - интересно, что определенное нами количество поступающего легкоразлагаемого опада также снижается, что может говорить об их взаимосвязи. На стадии 35-летнего леса снова происходит некоторое повышение биологической активности почв, что, возможно, связано с резким увеличением количества поступающего опада березы и осины, а также азота и зольных элементов, поступающих с ним. В почве полновозрастного леса СИД снова уменьшается, что говорит о снижении биологической активности при изменении состава древостоя от листовенного к смешанному [6]. Что касается СИД в лесных подстилках, с возрастом древостоя оно существенно не меняется. Запасы микробного углерода в старопахотной толще имеют наиболее высокие значения соответствуют почвам залежей.

В ходе естественного постагрогенного лесовосстановления по пашне изменяется общий запас и структура надземной и подземной фитомассы – увеличивается ее общий запас, главным образом за счет многолетних частей древостоя. Количество поступающего легкоразлагаемого опада существенно возрастает уже через 5-7 лет после прекращения распашки, снижаясь при дальнейшем зарастании и снова достигая максимального значения на стадии 30-35 летнего мелколиственного леса. Наиболее интенсивное поступление в почву с опадом азота происходит на стадии мелколиственного леса за счет опада деревьев, тогда как наиболее интенсивное поступление зольных элементов – на стадии 5-летней залежи (главным образом за счет корневых систем трав). Биологическая активность почв не связана напрямую с запасами органического вещества почвы, но имеет определенную зависимость от количества поступающего в почву легкоразлагаемого опада и содержания в нем азота и зольных элементов.

Показатели биологической активности почв

Участок	Горизонт	СИД 2009, мкгСО ₂ /г час	Микробная биомасса 2009, мкг С/г почвы	СИД 2010, мкгСО ₂ /г час	Микробная биомасса 2010, мкг С/г почвы	Запасы Смикр, т/га
Пашня	Ар	5,9	130,9	7,0	155,0	0,42
Залежь 5-7 лет	Ар	9,8	218,0	14,7	223,5	1,1
Залежь 10-13 лет	Подстилка			357,8	7158,0	
	Ар	5,6	123,8	7,3	142,5	0,54
Лес 35 лет	Подстилка			346,5	6930,0	
	А	10,2	226,2	8,4	172,7	0,40
Лес полновозр.	Подстилка			335,9	6718,0	
	Е(АЕ)	Нд	Нд	4,7	92,8	0,19

Литература

1. Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И., Коровин Г.Н. Определение запасов углерода по зависимым от возраста насаждений конверсионно-объемным коэффициентам. // Лесоведение.-1998.-N 3.
2. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах. М.: Мысль, 1978.
3. Быкова Л.Н., Зырин Н.Г. Значение корней травянистой растительности в круговороте азота и зольных элементов. // Вестник МГУ, 1960, №3.
4. Ананьева Н.Д., Сусьян Е.А., Рыжова И.М., Бочарникова Е.О., Стольникова Е.В. Углерод микробной биомассы и микробное продуцирование двуокси углерода дерново-подзолистыми почвами постагрогенных биогеоценозов и коренных ельников южной тайги (Костромская область). // Почвоведение, 2009, № 9.
5. Anderson J.P.E., Domsch K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // Soil Biol. Bioche. 1978. V. 10. № 3.
6. Дорохова М.Ф., Исаченкова Л.Б. Биологическая активность дерново-подзолистых почв под разными типами леса. // Вестник Моск. Ун-та. Сер. 17, 1999; № 1.

УДК 911.52:550.4(470.111+571.121)

ИМПУЛЬВЕРИЗАЦИЯ АЭРОЗОЛЕЙ И ГЕОХИМИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПРОЦЕССОВ В ДЕЯТЕЛЬНОМ СЛОЕ

М.П. Тентюков

Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, Сыктывкар, e-mail: tentukov@ib.komisc.ru

В классификации почв В.В. Докучаева на самом высоком таксономическом уровне выделяются три группы почв, различающихся по отношению к осадочному процессу: нормальные, переходные и аномальные [1]. Причем последние отличаются им по принципу привноса осадка, что подразумевает соотношение почвообразования не с литогенезом, а с седиментогенезом, т.е. со связанными с ним изменениями почвообразовательного процесса. Определенную роль в этом процессе играет осаждение вещества из атмосферы (импульверизация). Атмосферный перенос твердого вещества так велик, а его химический состав настолько информативен, что данный аспект общего круговорота веществ в ландшафтах заслуживает особого внимания [2].

Отмечается, что в атмосфере в результате производственной деятельности человека сформировалась мощная воздушная миграция металлов, являющаяся нетипичным для биосферы процессом [3]. При воздушном переносе техногенные эмиссии могут претерпевать изменения вследствие геохимической активности атмосферы. Выделяется несколько ключевых процессов, определяющих данное свойство: а) индукция цепных реакций окисления SO₂, б) образование кислотосодержащих аэрозолей и комплексообразование с участием ионов металлов с переменной валентностью при свободно-радикальном окислении SO₂. Последнее позволяет высказать предположение, что свободные радикалы при их осаждении из атмосферы в ландшафтах могут играть роль своеобразных геохимических интермедиатов, инициируя в пределах деятельного слоя развитие геохимических процессов, которые в рамках традиционных представлений не имеют удовлетворительного объяснения.

Так, при изучении ландшафтов Центрального Ямала, характеризующихся низкой эрозионной устойчивостью, было установлено, что в почвах на ненарушенной (материковой) части склона глинистые минералы представлены одной ассоциацией: группа монтмориллонита, хлорит, слюда и каолинит, но в разных количественных соотношениях. При этом в подзолистом горизонте останца, «застывшего» на плоскости скольжения, образовавшегося в результате аномально быстрого криогенного крипа (сплыва почвы),

отмечается высокое содержание хлорита. Это выглядит парадоксальным, поскольку в кислотном процессе подзолообразования хлорит должен растворяться. Можно думать, что выявленная нами минералогическая аномалия в почве останца свидетельствует либо о молодости подзолистого процесса, либо о повышенной интенсивности поступления хлорита на поверхность почвы – в количествах, перекрывающих его разрушение в подзолистом горизонте. Последнее возможно, если допустить, что хлорит осаждается из атмосферы (ветровые раздувы почв встречаются очень часто). Но поскольку процесс оглинивания сопровождается активным выносом железа (гидроксиды железа в большом количестве регистрируются на поверхности овражного аллювия в зоне разгрузки мерзлотной верховодки), очевидно, что действуют оба процесса. Следовательно, необходимая серная кислота для запуска кислотного выщелачивания глинистых минералов могла либо поступить из атмосферы в виде адсорбированных молекул, где в качестве носителей может выступать теллурическая пыль, либо появиться как побочный продукт свободнорадикального окисления (автоокисления) органического вещества почв с участием сульфатсодержащих аэрозолей. Известно, что реакции автоокисления органики могут происходить и при отрицательной температуре. Между тем, роль свободных радикалов в качестве интермедиатов, активизирующих химическое выветривание в мерзлотных ландшафтах, практически не исследована.

Атмосферный цикл миграции микроэлементов характеризуется специфическими особенностями, которые проявляются в соотношении миграционных форм, участвующих в аэральном потоке. Принимается, что общая концентрация комплексообразующего вещества в облачных каплях неограниченно превышает суммарную концентрацию металлов, связывающихся в комплексы. Это позволяет при выполнении расчетов концентраций закомплексованных ионов металлов привлечь теоретические данные по растворимости без учета конкурирующего взаимодействия между различными металлами.

Нами были выполнены расчеты, отражающие теоретическую растворимость следующих металлов-комплексообразователей: Fe(III), Fe(II), Ag, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Sn, Zn; в зависимости от pH среды, где в системе в качестве лигандов (L) выступают OH^- , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, NH_3^0 , Cl^- , NO_2^- . Показано, что в атмосфере в интервале кислотности 4-6 большинство металлов в облачных каплях может присутствовать в форме свободного катиона $[\text{Me}^{2+}]$. Это возможно, если принять, что свободные катионы входят в состав аквакомплексов $[\text{Me}(\text{H}_2\text{O})_n]^{m+}$, только такая форма может обеспечить им относительную устойчивость в условиях атмосферы. Тогда очевидно, что вне зависимости от природы труднорастворимых соединений металлов – карбонатов, сульфидов, силикатов, оксидов и др. – при взаимодействии этих соединений с каплями облаков в атмосфере образуются гидратированные ионы металлов. Для трехвалентных металлов в области низких значений кислотности (pH 2-4) миграция в форме свободного катиона $[\text{Me}^{3+}]$ прекращается и отмечается начало образования метастабильных комплексов типа $\text{Me}(\text{L})_2^+$ и $\text{Me}(\text{L})_2^+$. При этом стабильность последнего ограничена интервалами pH 3-6. Небольшие значения молярных долей дают основание говорить о сравнительно высокой растворимости данного монокомплекса и возможности его участия в обменных реакциях в аэрозольной среде.

В настоящее время выполнены теоретические и экспериментальные исследования механизма образования геохимических аномалий, возникающих на границе конденсированных сред в пределах деятельного слоя при взаимодействии аэрального потока с подстилающей поверхностью (почва, снежный покров, растения, водная поверхность). Полученные данные позволяют рассматривать деятельный слой как специфический поверхностный геохимический барьер, к которому приложимы концептуальные положения учения о геохимических барьерах [4]. Установлено, что специфичность поверхностных геохимических барьеров обусловлена *поверхностными процессами*, развитие которых определяется особыми свойствами поверхности – наличием *свободной энергии поверхности*. Поскольку в поверхностных процессах силы взаимодействия между частицами не уравновешены с поверхности, то на границе раздела конденсированных сред возникают граничные эффекты и явления, такие как *адсорбция, адгезия, аутогезия, поверхностное натяжение и поверхностная активность, капиллярная конденсация, смачиваемость*, которые определенным образом влияют на формирование поверхностных геохимических аномалий химических элементов.

Для их изучения разработан новый пассивный способ сбора аэрозолей в деятельном слое. Способ признан пионерным [5]. В отличие от широко применяемых пассивных пробоотборников, основанных на избирательной химической адсорбции [6], в новом пассивном пробоотборнике осаждение аэрозолей ведется на химически инертный сорбционный субстрат из порошковых или волокнистых материалов (оксиды металлов, фильтровальная бумага). Механизм осаждения обусловлен вандерваальсовым взаимодействием между частицами и сорбентом в пограничном слое. Процесс сопровождается адгезией аэрозольных частиц за счет капиллярной конденсации. Последнее обеспечивает высокую сорбционную активность субстрата в течение всего времени экспозиции, длительность которого определяется только задачами исследования. При этом конструкция устройства экспонирования сорбентов обеспечивает сохранение абсорбтива от начала отбора пробы до момента анализа. Новый пассивный способ сбора аэрозолей испытан в диапазоне температур от – 47 до +32°C, относительной влажности 30–100% и скорости ветра – от штиля до 20 м·с⁻¹ с порывами до 35. Наблюдения проводились в тундровой и таежной зонах европейской территории России. Полученные результаты позволяют рекомендовать новый пассивный способ сбора аэрозолей для изучения особенностей формирования поверхностных геохимических аномалий при сухом осаждении аэрозолей в деятельном слое, мониторинга трансграничного переноса кислотообразующих аэрозолей, сезонной изменчивости атмосферной радиоактивности в приземном слое воздуха путем оценки удельной активности искусственных и естественных радионуклидов в стоке аэрозолей.

Литература

1. Докучаев В.В. Русский чернозем. М.: Наука, 1948. Т.1. С. 414.
2. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высш. шк., 1988. 328 с.
3. Добровольский В.В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние. М.: Мысль, 1983. 272 с.
4. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрей-2000, 1999. 768 с.
5. Патент на изобретение № 22314511 «Способ сбора сухих аэрозолей для контроля окружающей среды и устройство для его осуществления» / Автор – М.П. Тентюков. Патентообладатель – Институт биологии Коми НЦ УрО РАН. Оpubл. 10.01.2008. Бюл. № 1.
6. Юшкетова Н.А., Поддубный В.А. Метод пассивного отбора проб для мониторинга химического загрязнения атмосферного воздуха // Экологические системы и приборы, 2007. № 2. С. 3-10.

УДК [550.4:502.7](470.3)

ГЕОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Н.Я. Трефилова, А.И. Ачкасов

ФГУП «ИМГРЭ», Москва, e-mail: imgre@imgre.ru,

В настоящее время на территории 30-километровой зоны экологического контроля Калининской АЭС проводятся геохимические работы с целью определения природного фонового уровня содержаний химических элементов (геохимического фона) в различных компонентах окружающей среды. Объектами исследования при этом являются почвообразующие породы, почвы, поверхностные воды озер-охладителей (Удомля, Песьво), растительность и ихтиофауна местных водоемов. В изучаемых природных объектах определяются содержания до 70 химических элементов, опорный комплекс которых состоит из 20 элементов: Cd, Pb, Co, V, Cr, Sr, Mo, Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Hg, Cs, Li, As, Sb, Se, F, J.

Исследования осуществляются на основе ландшафтной дифференциации территории с использованием «Карты геохимических ландшафтов» масштаба 1:200 000. В связи с этим, при отборе проб природных объектов учитываются ландшафтные позиции объектов, а также направление господствующих ветров, расстояние от атомной станции.

Исследуемая территория относится к лесным ландшафтам Европейской части России. По условиям миграции химических элементов в ее пределах выделяются три группы элементарных ландшафтов: элювиальных (выноса), трансэлювиальных (транзита) и супераквальных (аккумуляции).

Почвы. К распространенным в регионе почвам относятся зональные – типичные дерново-подзолистые и дерново-подзолистые глееватые и глеевые - и интразональные – болотные и аллювиальные. Эти почвы характеризуются четко выраженным как морфологическим, так и химическим вертикальным профилем. Содержание гумуса в горизонте А₁ составляет 2-4 %, иногда доходя до 10 %. В этом же горизонте отмечается максимальная кислотность почвенных растворов (до сильно- и среднекислой), которая снижается с глубиной. Распределение химических элементов по вертикальному профилю почв неоднородно в силу формирования здесь геохимических барьеров.

Наиболее резко радиальная дифференциация элементов выражена в дерново-подзолистых почвах на тяжелых по механическому составу породах (в частности, на ледниковых валунных суглинках), где сформировались 2 геохимических барьера: биогеохимический в гумусовом горизонте А и сорбционный – в иллювиальном горизонте В, при минимуме содержаний элементов в почвообразующем горизонте С. В гумусовом горизонте происходит накопление Cs, Pb, Cr и Mn. Достаточно значимые накопления выявлены на сорбционном барьере в горизонте В – Pb, Co, V, Cr, Sr, Fe, Mn, Cu, Zn, Cs, Li, F.

В дерново-подзолистых почвах, развитых на породах легкого механического состава (на водноледниковых песках), отсутствует заметная концентрация элементов на сорбционном барьере, а аккумуляция на биогеохимическом барьере верхнего гумусового горизонта очень слабая.

В дерново-подзолистых глееватых и глеевых почвах наблюдается более контрастное накопление элементов в иллювиальном горизонте за счет сложения действий сорбционного и глеевого барьеров.

Для аллювиальных и болотных почв выявлен только один максимум накопления элементов - в гумусовом горизонте на биогеохимическом барьере.

В целом исследованные почвы при сопоставлении с кларками почв мира (Н.Д.М. Bowen, 1979) обнаруживают общую обедненность химическими элементами ($K_k=0,1-0,6$). По этой причине регион может быть причислен к территориям общего микроэлементного дефицита.

Растительность. Геохимическому анализу в ходе исследований были подвергнуты лесная (хвоя ели; листья березы; мхи, в т.ч. сфагнум; лесные ягоды - черника) и культурная (многолетние травы, клубни картофеля) растительность. Данные по содержанию элементов в исследованных растениях весьма далеки от нормативных гигиенических значений. Согласно величинам суммарного накопления элементов в сравнении с фоном, исследованные виды растений образуют следующий ранжированный по убыванию ряд: мох - сфагнум – многолетние травы – лесные ягоды (черника) – хвоя ели – листья березы – клубни картофеля.

Поверхностные воды. Технологическим процессом работы АЭС предусмотрен сброс производственных вод в близлежащие водоемы, т.н. озера-охладители Удомля и Песьво. Выявлено, что за время эксплуатации станции в водах озер наметился сдвиг водородного показателя в щелочной диапазон, увеличилась минерализация вод, изменился качественный состав и др. Данные микроэлементного состава показали, что в озерных водах содержится широкий круг химических элементов, включающих в себя группу токсичных. Содержания элементов динамичны и в пространстве и во времени. В отдельные годы наблюдений

были установлены незначительные превышения ПДК по Be, Al, Mn, Fe, Tl, Pb.

Донные отложения озер Удомля и Песьво характеризуются значительным разбросом pH (от слабокислых до сильнощелочных), но в целом, в течение последних 10 лет, прослеживается сдвиг в сторону увеличения щелочности. Обогащенность отложений химическими элементами зависит от вида донных отложений. Наибольшим суммарным накоплением элементов характеризуются сапропели, более низким - суглинистые отложения. В ряде случаев установлены превышения пороговых нормативов по Pb, As, Mn, Cu.

Ихтиофауна. В рамках ихтиомониторинга, осуществляемого с участием авторов, детально изучены наиболее распространенные виды рыб, обитающие в водоемах-охладителях.

По гигиеническим нормативам состояние рыб весьма удовлетворительное. Из 6 нормированных элементов (Cd, As, Pb, Hg, Cu, Zn) лишь по Pb установлено превышение ПДК в одной пробе.

Сопоставление числа накапливающихся элементов и суммы накопления, вычисленных расчетным методом относительно среднего содержания в том или ином виде рыбы, можно констатировать следующее. У леща уровень накопления элементов образует ряд: жабры – скелет - мышцы; у судака: скелет – жабры - мышцы.

При этом, в наибольшей степени химические элементы накапливаются у леща: а) в жабрах - Pb, Al, Co, F, J, Fe, Zn, V; б) в скелете - Ni, Li, Ga; в) в мышечной ткани - Hg, Cs, Rb; у судака: а) в жабрах – V, Cd, Y; б) в скелете – Li, Te, Pb, Ni, Sr, Ga; в) в мышцах – Rb, Hg, Cs.

Таким образом, установлено, что: а) за более чем 20-летний период работы АЭС выявлены единичные случаи превышения гигиенических нормативов в отдельных компонентах окружающей среды; б) фоновые характеристики природного распределения химических элементов деятельностью АЭС практически не нарушены.

УДК 631.47

БИОФИЛЬНОСТЬ ЩЕЛОЧНЫХ, ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВЕРХОВОМ ТОРФЕ, ЗАГРЯЗНЕННОМ ШЛАМАМИ И НЕФТЬЮ

С.Я. Трофимов (1), Ю.Н. Водяницкий (1), Н.А. Аветов (1), А.Т. Савичев (2),

(1) – Факультет почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: yu.vodyan@mail.ru;

(2) – Институт геологии РАН, Москва

Болотные ландшафты на территории Среднего Приобья испытывают антропогенное воздействие за счет нефтедобычи. При этом на торфяную почву влияют не только углеводороды нефти, но и сопутствующие минеральные поллютанты, среди них наиболее опасны галогены, а также тяжелые металлы и металлоиды.

Биогенные объекты через биофильность химических элементов удобно использовать для индикации биогеохимических особенностей конкретного ландшафта. Для этого используют сопряженное изучение химического состава торфа и произрастающей на нем растительности. При этом можно проследить изменение биологической доступности металлов в торфяных почвах в зоне влияния шламовых амбаров.

Значения коэффициента биологического поглощения одного и того же химического элемента варьируют в очень широких масштабах, что часто рассматривается как недостаток, мешающий построить надежный ряд биофильности элементов; она обусловлена, в первую очередь, физиологическими особенностями разных видов растений. Но и для одного вида растения колебание коэффициента биологического поглощения одного химического элемента бывает очень значительным. В этом случае сказывается влияние разной доступности растению элемента в почве. Очень разительно это сказывается на геохимических аномалиях (положительных и отрицательных). При малом различии в валовом содержании данного элемента в почве влияют локальные геохимические факторы, определяющие доступность элемента растению. Среди них важную роль для доступности элемента играют физико-химические параметры почвы (кислотно-основные и окислительно-восстановительные условия), наличие или отсутствие фаз-носителей микроэлементов и другие факторы. Таким образом, варьирование величин коэффициента биологического поглощения элемента x в однотипном субстрате (верховом торфе) будет зависеть от локальных геохимических характеристик торфа.

В качестве объектов исследования были выбраны ключевые участки, расположенных по линии стока от шламовых амбаров 3-х кустовых оснований одного из месторождений Среднего Приобья. Анализировали торф и хвою сосны *Pinus sylvestris f. litwinowii*.

Полевые исследования проводили в августе 2010 г. С пробной площадки методом конверта с глубины 0-10 см отбирали образцы торфа и высушивали до воздушно сухого состояния, а затем прокаливали в муфеле. Аналогично прокаливали для получения золы и сосновую хвою.

На приборе Респект определяли содержание химических элементов в золе торфа и хвои рентгенофлуоресцентным методом, а редкоземельных металлов – рентгенорадиометрическим методом.

Для выявления геохимических особенностей торфов использовали показатели биологического поглощения A_x разных элементов. Были проведены следующие расчеты. Определяли коэффициенты биологического поглощения отдельного химического элемента x хвоей сосны:

$$A_x = n_{\text{хвоя}} : n_{\text{торф}}$$

Затем выявляли зависимость коэффициента биологического поглощения отдельного химического элемента x от редокс-условий в торфе K_{Red} и характера засоленности в загрязненном торфе, определяемого отношением SO_3/Cl . Для выявления геохимических факторов, влияющих биологическое поглощение элемента A_x в загрязненном торфе, был выполнен регрессионный анализ. Связи между показателем биологического поглощения элемента A_x и изучаемыми факторами среды F_1 и F_2 определяли в линейной форме:

$$A_x = aF_1 + bF_2 + c.$$

Использовали метод наименьших квадратов, коэффициенты a , b и c находили из минимизации

соответствующего функционала. Процедура сводится к решению 3-х уравнений с 3-я неизвестными методом Гаусса. После нахождения коэффициентов регрессии a , b и c , в той же компьютерной программе подсчитывали дисперсии σ^2 каждого из коэффициентов. Достоверность влияния геохимических факторов оценивали по величине коэффициентов a , b и c согласно t-критерию Стьюдента.

Предварительный регрессионный анализ показал, что набор факторов, влияющих на биологическую доступность химических элементов, зависит от природы самих элементов. Различаются две группы: одна – это щелочные и щелочноземельные металлы, а также анионогенный Sr, другая – тяжелые катионогенные металлы, относящиеся к 3 – 14 группам расширенной версии периодической системы элементов (от V до Pb). Если биологическое поглощение щелочных и щелочноземельных металлов, а также Sr зависит от характера засоленности торфа и от показателя восстановленности K_{Red} торфа, то эти критерии не влияют на биологическую доступность тяжелых катионогенных металлов. Их биологическая доступность зависит от содержания в торфе фосфора. В связи с этим регрессионный анализ двух групп металлов вели в зависимости от разных геохимических факторов.

Установлено, что на загрязненной территории по сравнению с фоном в хвое сосны повысилось содержание щелочных и щелочноземельных металлов: K, Rb, Mg, Sr, а также Mn. Одновременно снизилась биофильность тяжелых металлов Ni, Cr, Pb, La, Ce, а также тяжелого щелочноземельного металла Ba. Характерно, что поведение щелочноземельных металлов Sr и Ba заметно дифференцировалось: биофильность менее тяжелого Sr повысилась, а более тяжелого Ba снизилась.

В загрязненном торфе биологическое поглощение некоторых щелочных и щелочноземельных металлов зависит от двух факторов среды: редокс-условий и характера засоления – хлоридного или сульфатного. Редокс-условия загрязненных торфов удобно характеризовать с помощью критерия восстановленности K_{Red} как отношение коэффициентов биологического поглощения марганца и хрома: $K_{Red} = A_{Mn} : A_{Cr}$. Чувствительность этого критерия основана на различной реакции металлов на восстановительные условия: у Mn подвижность возрастает, а у Sr она снижается. Вид засоления торфа характеризовали с помощью отношения SO_3/Cl .

Биофильность Ca достоверно возрастает при росте степени хлоридного засоления торфа. Биофильность щелочных металлов (K и Rb), а также щелочноземельного Sr возрастает при развитии восстановительных условий, вероятно, за счет усиления подвижности металлов при гидрофобизации частиц торфа нефтяными компонентами.

Биофильность анионогенного Sr снижается при росте восстановленности торфа в связи с выпадением в осадок оксидов хрома в восстановительной среде на участке разлива нефти. Это ведет к отрицательной зависимости биофильности Sr от ожелезненности торфа, так как Fe выпадает в осадок в окислительной обстановке.

Биофильность катионогенных тяжелых металлов (Mn, Pb, Zn, Cu, Y) достоверно снижается при росте зафосфаченности загрязненного торфа, что связано с образованием слаборастворимых фосфатов этих металлов.

По сравнению с минеральными почвами, загрязнение торфяных почв более резко изменяет их химический состав из-за низкого содержания зольных элементов. Это ведет к значительным колебаниям химического состава, возникновению мало распространенных ассоциаций элементов (например, фосфатов тяжелых металлов) и т.д. Сильное варьирование химического состава, причем на близком расстоянии определяет необходимость тщательного и детального мониторинга загрязнения торфа, загрязненного шламами и нефтью.

На загрязненной территории по сравнению с фоном в хвое сосны повысилось содержание K, Rb, Mg, Sr, Mn. Одновременно снизилась биофильность Ba, Ni, Cr, Pb, La, Ce. Заметно дифференцировалось поведение тяжелых щелочноземельных металлов Sr и Ba: биофильность менее тяжелого Sr повысилась, а более тяжелого Ba снизилась. В загрязненном торфе биологическое поглощение некоторых щелочных и щелочноземельных металлов зависит от редокс-условий и характера засоления – хлоридного или сульфатного. Биофильность Ca достоверно возрастает при росте степени хлоридного засоления торфа. Биофильность щелочных металлов (K и Rb), а также щелочноземельного Sr возрастает при развитии восстановительных условий, вероятно, за счет усиления подвижности металлов при гидрофобизации частиц торфа нефтяными компонентами. Биофильность анионогенного Sr снижается при росте восстановленности торфа в связи с выпадением в осадок оксидов хрома в восстановительной среде, особенно на участке разлива нефти. Биофильность катионогенных тяжелых металлов (Mn, Pb, Zn, Cu, Y) снижается при росте зафосфаченности загрязненного торфа, что связано, вероятно, с образованием слаборастворимых фосфатов этих металлов.

УДК 554.02:546.027

ИЗОТОПНАЯ ГЕОХИМИЯ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЮЖНОГО УРАЛА

В.Н. Удачин (1), П.Г. Аминов (1), Б. Спино (2), Б. Вильямсон (2), Д. Вейсс (3)

(1) Институт минералогии УрО РАН, Миасс, Россия, e-mail: udachin@mineralogy.ru;

(2) Музей естественной истории, Лондон, Великобритания, e-mail: B.J.Williamson@exeter.ac.uk;

(3) Императорский колледж Лондона, Лондон, Великобритания, e-mail: d.weiss@imperial.ac.uk

Территория Южного Урала характеризуется высокой степенью насыщенности предприятиями горнопромышленного комплекса, в которых совмещены процессы добычи, обогащения полезных ископаемых и пирометаллургии. В регионе происходят процессы изменения природной атмосферной миграции микроэлементов, их накопления и трансформации в депонирующих средах, изменяются природные связи в системах: атмосфера – почва, атмосфера – водная поверхность, вода – донные отложения. Особенно активно процессы горнопромышленного техногенеза с образованием масштабных ореолов техногенного рассеяния халькофильных элементов протекают в районах эксплуатации колчеданных месторождений. Здесь на высокий природный фон микроэлементов в горных породах, почвах и растительности накладывается техногенная

компонента, обусловленная атмосферным переносом тонкодисперсного материала от мест расположения отходов добычи, обогащения руд (хранилища) и медеплавильных заводов. Первичные природные ландшафты трансформируются в природно-техногенные с формированием в узлах горнопромышленной деятельности геотехнических систем (ГТС).

Для индикации горнопромышленного техногенеза авторы использовали комплекс изотопно-геохимических методов, который включает применение в качестве меток ^{137}Cs и ^{210}Pb для абсолютных датировок скоростей озерной седиментации и изотопных отношений свинца $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ для оценки миграционных циклов халькофильных элементов в природно-техногенных ландшафтах. История применения изотопно-геохимических маркеров для оценки условий и скоростей седиментации в континентальных водоемах в различных географических точках планеты насчитывает около 55 лет для датировки по ^{210}Pb [1] и 40 лет по ^{137}Cs [2]. Отсутствие радиотрассерных исследований для расшифровки экологических процессов в экосистемах озер под влиянием горнопромышленного техногенеза делает невозможным геохронологические реконструкции изменений в эпоху наиболее выраженного индустриального «медеплавильного» техногенеза. Предшествующие работы, использовавшие палинологический и радиоуглеродный метод для датировки процессов в донных отложениях озер Южного Урала, позволили проследить изменения в экосистемах в геологическом масштабе времени (голоцен).

Результаты оценки активностей ^{137}Cs в донных отложениях 8 озер позволили выделить два типа распределения радионуклида в зависимости от площади водного зеркала. В эвтрофных озерах с площадью водного зеркала 1–2 км² распределение радиоцезия по вертикали носит закономерный характер с «растянутыми» максимумами в интервалах 0–22 см и отсутствием ярко выраженного контрастного индивидуализированного пика, отвечающего максимуму выпадений радионуклидов из атмосферы и тропосферы в 1963–1964 гг. В то же время, в олиготрофных озерах с площадью водного зеркала от 25 до 62 км² идентифицируются два пика: пик 1963 г. и пик, соответствующий периоду катастрофы в Чернобыле. Подтверждена картина так называемой первичной мозаичности распределения ^{137}Cs в сопряженных геохимических ландшафтах. Эта мозаичность зависит от особенностей источников, процессов фракционирования радионуклида в ходе атмосферной миграции, условий рельефа, состояния атмосферы.

Сравнительный анализ скоростей осадконакопления по ^{137}Cs и ^{210}Pb позволил оценить скорости осадконакопления с минимумом 1.5 мм/год (оз. Светлое) и максимумом 2.4 мм/год (оз. Алабуга). В этом же диапазоне находятся и скорости седиментации для двух олиготрофных озер. Эти результаты соответствуют данным, полученным для озер предгорно-таежных ландшафтов озер Сибири, – 1.5–2.0 мм/год. Для озер импактной зоны скорость осадконакопления увеличивается в 2–2.5 раза и составляет 4.8 мм/год, что обусловлено высоким уровнем эрозионных процессов на водосборе озер, увеличением объема поступления терригенного материала и значительным вкладом техногенной пылевой компоненты.

Объемы поступления халькофильных элементов в донные отложения озер в историческом срезе подсчитаны для 8 озер. Оценены интервалы донных отложений с дискретностью отбора проб 1–2 см, что соответствует историческим интервалам осадконакопления от 2.5 до 12 лет. Результаты приведены в таблице.

Таблица 1

Объемы поступления халькофильных элементов в донные отложения озер горно-лесной зоны (мкг/м²/год)

Озеро (расстояние от источника эмиссии)	Элементы									
	Cu	Zn	Pb	Cd	As	Se	Bi	Sb	Hg	Sn
Светлое (36 км)	<u>75</u> 32	<u>94</u> 67	<u>26</u> 11	<u>0.38</u> 0.26	<u>4.12</u> 2.46	<u>3.70</u> 3.06	<u>0.32</u> 0.04	<u>1.3</u> 0.34	<u>0.14</u> 0.08	<u>1.10</u> 0.28
Уфимское (7 км)	<u>2994</u> 112	<u>1879</u> 126	<u>1134</u> 22	<u>19.2</u> 0.75	<u>693</u> 13.2	<u>6.44</u> 4.12	<u>13.8</u> 0.26	<u>44.9</u> 0.49	<u>8.5</u> 0.07	<u>39</u> 1.15
Серебры (4 км)	<u>24837</u> 202	<u>25750</u> 232	<u>9876</u> 39	<u>142</u> 0.90	<u>3408</u> 15.5	<u>84.6</u> 1.04	<u>76.9</u> 0.21	<u>613</u> 0.86	<u>89.8</u> 0.23	<u>171</u> 1.46
Сырыткуль (10 км)	<u>864</u> 31	<u>882</u> 84	<u>394</u> 24	<u>8.12</u> 0.30	<u>245</u> 21.8	<u>68.9</u> 0.87	<u>4.51</u> 0.05	<u>24.7</u> 0.16	<u>2.26</u> 0.07	<u>22.2</u> 0.59
Тургояк (41 км)	<u>460</u> 86	<u>756</u> 98	<u>532</u> 42	<u>9.82</u> 1.02	<u>47</u> 12	<u>4.84</u> 1.67	<u>5.1</u> 1.15	<u>18.9</u> 1.30	<u>1.03</u> 0.09	<u>25.4</u> 2.97

Примечание: в числителе приведены данные для периода горнопромышленного техногенеза (1970–1980 гг.), в знаменателе – для доиндустриального периода (около 1600 г. н.э.).

Использовать изотопные отношения Pb для оценки техногенного влияния на объекты окружающей среды впервые предложено в 70-х гг. прошлого века. С тех пор около двухсот публикаций по изотопии Pb отражают индикацию антропогенного влияния на атмосферу, гидросферу, почвенный покров, донные отложения поверхностных водотоков и озер. Общая идея заключается в том, что наиболее контрастные отношения для пары $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ применительно к фоновым объектам отражают влияние Pb природного происхождения с отношениями на уровне 1.18–1.35 (в зависимости от геологического возраста минеральной составляющей субстрата). В то же время этилированный бензин, загрязненный атмосферный аэрозоль, металлургические пыли имеют низкие отношения $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ в диапазоне 1.04–1.15. Поскольку разница в изотопных отношениях $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ на уровне 2 % представляется достаточной для отличия природной и антропогенной составляющей

и даже оценки их относительного вклада в общий баланс вещества в геосистеме [3], то метод изотопии Pb широко используется в геохимических исследованиях.

На рисунке 1 отражены изотопные отношения Pb для основных компонентов природной среды и компонентов ГТС. Хорошо виден контраст в величинах изотопных отношений $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ для двух основных природных компонентов геосистем – донных отложений озер и почв доиндустриального периода со средними величинами отношений 1.210 и 1.198 соответственно. В то же время, главные источники локального (ГТС) и регионального горнопромышленного техногенеза – металлургические пыли – имеют отношения $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ со средним значением 1.152. Такие же отношения имеют верхние интервалы гумусово-аккумулятивных горизонтов почв и донные отложения озер под влиянием горнопромышленного техногенеза (рис. 1). Изотопия Pb достаточно хорошо характеризует и контрастно выраженное влияние в ГТС по составу снеговой пыли, состав снеговой пыли «фоновых» ландшафтов со средним отношением 1.174 и атмосферную пыль, поступающую с дождями в летний период со средним значением 1.154. Такие низкие значения изотопных отношений еще раз доказывают региональный масштаб воздействия горнопромышленного техногенеза.

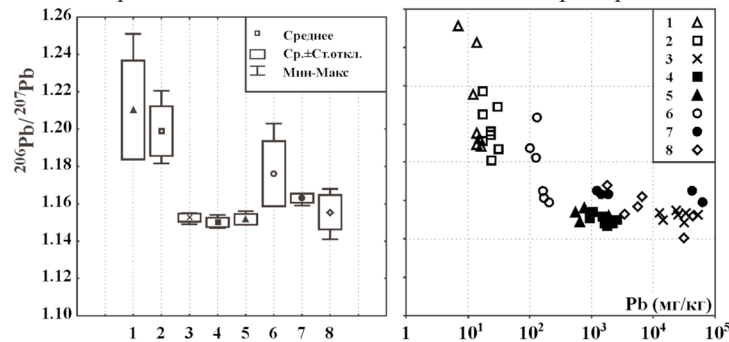


Рис. 1. Изотопные отношения $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ (слева) и зависимость их от концентраций Pb (справа) в объектах окружающей природной среды и геотехнических систем Южного Урала: 1 – незагрязненные донные отложения озер доиндустриального периода (глубже 1 м), 2 – минеральные горизонты почв (глубже 30 см), 3 – металлургические пыли, сульфидные концентраты, илаки, 4 – верхние части гумусово-аккумулятивных горизонтов почв (0–8 см), 5 – донные отложения периода горнопромышленного техногенеза (интервал 0–20 см), 6 – снеговая пыль «фоновых» территорий, 7 – снеговая пыль в геотехнических системах, 8 – атмосферная взвесь дождей

Ретроспективное изучение изотопии Pb в мхах и лишайниках, включая пробы гербарных коллекций, выявило временной тренд изменения изотопных отношений $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ для швейцарских Альп, бореальных лесов Швеции и Южного Урала [4, 5]. Абсолютные содержания Pb в пробах демонстрируют флуктуации, определяемые природными факторами и спецификой видового состава проб (рис. 2).

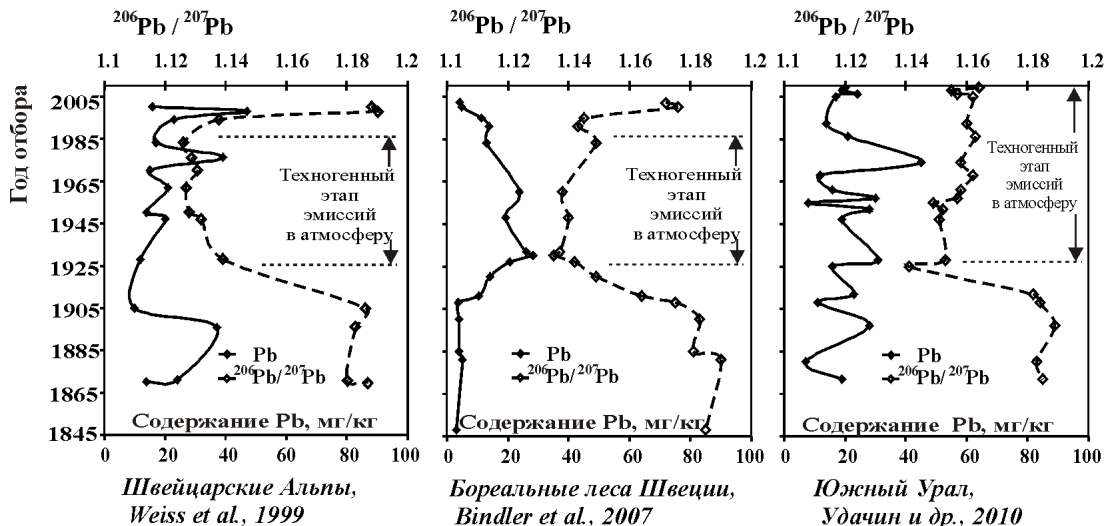


Рис. 2. Содержания Pb и изотопные отношения $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ в лишайниках Евразии, как маркеры атмосферных загрязнений

Такие же флуктуации в абсолютных содержаниях Pb для сборов современного материала и гербарных коллекций выявлены для Шотландии и Германии. Закономерности же изменений изотопных отношений $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ позволяют выделить одну общую историческую дату на уровне 20-х гг. прошлого века, что связано с началом европейской «индустриальной революции» с резко возросшими объемами промышленных выбросов в атмосферу и введением в практику этилированного бензина с изотопными отношениями $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 1.08–1.12. Последний источник, формировавший основной объем антропогенного аэрозоля в Европе, был исключен из производства в 1990-х гг., что отразилось на увеличении изотопных отношений Pb с 1.13–1.14 до 1.18–1.19 (рис. 2). Для окружающей среды Урала горнопромышленный

техногенез, начавшийся в 20-х гг. прошлого века и индицируемый по снижению изотопных отношений $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ от 1.19 до 1.16, не имеет своего завершения.

Исследования выполнены при финансовом содействии 5^{ой} и 7^{ой} рамочных программ Евросоюза (проекты MinUrals ICA2-CT-2000-10011 и ImpactMin 244166), интеграционного проекта ДВО-СО-УрО РАН (№ 09-С-5-1001), проектов поддержки фундаментальных исследований УрО РАН (№ 12-И-5-2018 и № 12-М-45-2051), гранта РФФИ № 10-05-96012-р-урал_а, тематического плана ЮУрГУ № 1.908.

Литература

1. Krishnaswami S., Lal D., Martin J.M., Meybeck M. Geochronology of lake sediments // Earth Planet. Sci. Lett., 1971. V. 11. P. 407–414.
2. Pennington W., Cambrey R.S., Fisher E.M. Observations on lake sediments using fallout ^{137}Cs as a tracer // Nature, 1973. V. 242. P. 324–326.
3. Ettler V., Mihaljevič M., Komarek M. ICP-MS measurements of lead isotopic ratios in soils heavily contaminated by lead smelting: tracing the sources of pollution // Anal. Bioanal. Chem., 2004. V. 378. P. 311–317.
4. Weiss D., Shotyk W., Appleby P.G., Kramers J., Cheburkin A.K. Atmospheric Pb deposition since the industrial revolution recorded by five Swiss peat profiles: enrichment factors, fluxes, isotopic composition, and sources // Environ. Sci. Technol., 1999. V. 33. P. 1340–1352.
5. Удачин В.Н., Джейджи М., Аминов П.Г., Лонцакова Г.Ф., Филиппова К.А., Дерягин В.В., Удачина Л.Г. Химический состав атмосферных осадков Южного Урала // Естественные и технические науки, 2010. №6. С. 304–311.

УДК 631.461

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЧВ СЕМИАРИДНЫХ ГОРНО-ЛЕСНЫХ ЛАНДШАФТОВ СУБТРОПИЧЕСКОГО ПОЯСА

Т.Ю. Ульянова

МГУ имени М.В.Ломоносова, факультет почвоведения, Москва, e-mail: ulyanova_tatyana@mail.ru

Орехово-плодовые леса Тянь-Шаня согласно классификации горных систем, предложенной М.А. Глазовской [1], представляют собой элемент типичной системы высотной поясности субтропического континентального типа. В рамках классификации ландшафтов эти территории относятся к кальциевому (Са) классу среднеазиатского отдела типа широколиственных лесов [2].

Для выявления особенностей биогенных ландшафтов этой территории было проведено изучение биологического круговорота в поясе орехово-плодовых лесов Западного Тянь-Шаня в районе Арсланбоб-Кугартского массива, располагающегося на северо-западной оконечности Ферганского хребта на склонах горного узла Баубаш-Ата. Этот лесной массив является частью одного из крупнейших в мире массивов орехово-плодовых лесов, занимающего склоны Ферганского и Чаткальского хребтов.

Рельеф здесь отличается сглаженными формами отчасти благодаря плашу лессовых отложений, мощность которых, особенно на северных склонах, может достигать нескольких метров. Пояс орехово-плодовых лесов характеризуется континентальным сухим субтропическим климатом. При среднегодовом количестве осадков около 1000 мм четко выражен засушливый период в июле-августе. Среднегодовая температура воздуха составляет $+8,9^{\circ}\text{C}$, среднемесячная температура самого теплого месяца (июля) - $+20,5^{\circ}\text{C}$, самого холодного (января) - $-3,1^{\circ}\text{C}$. Климатические условия дифференцированы в зависимости от экспозиции мезосклонов, что оказывает существенное влияние на дифференциацию растительного и почвенного покровов (Кувл. на южных склонах - 0,5-0,7, а на северных - близок к 1).

Эти ландшафты отличает большое природное своеобразие – высокопродуктивные растительные сообщества с оригинальным флористическим составом, присутствие в растительном покрове большого количества плодовых культур, высокоплодородные почвы.

Существенной особенностью растительного и почвенного покровов пояса орехово-плодовых лесов является их дифференциация, обусловленная мезорельефом и экспозицией склонов. Северные и тяготеющие к ним склоны покрыты собственно лесами из грецкого ореха (*Juglans regia*) с богатым травяным покровом, произрастающими на мощных чрезвычайно плодородных черно-коричневых почвах.

Склоны южной и близких к ней экспозиций покрыты ксерофитными лесами, редколесьями и кустарниковыми зарослями. Древесный (кустарниковый) ярус этих сообществ представлен яблонями (*Malus spp.*), алычой (*Prunus sogdiana*), кленом туркестанским (*Acer turkestanica*) и Семенова (*A. semenovii*), боярышниками (*Crataegus spp.*). Основой почвенного покрова южных склонов являются коричневые почвы.

В пределах склонов южных румбов неоднородность растительности и почвенного покрова проявляется в том, что пологие верхние части склонов (элювиальные ландшафты) и примыкающие к ним плоские участки гребней заняты коричневыми типичными почвами. На наиболее инсолируемых средних частях склонов (транзитные ландшафты) располагаются коричневые карбонатные почвы, а нижние части южных склонов (аккумулятивные ландшафты) и их подножия обычно заняты коричневыми выщелоченными почвами.

Коричневые и черно-коричневые почвы, на которых формируются исследованные растительные сообщества, весьма существенно отличаются друг от друга. Черно-коричневые почвы, имея необыкновенно высокие содержание и запасы гумуса (до 10-20 % в гор. А) гуматного типа, значительно превосходят по этим показателям коричневые почвы.

Ландшафты среднеазиатского отдела имеют низкую геохимическую контрастность: и автономные, и подчиненные члены относятся к Са-классу. Сильно-расчлененный горный рельеф обеспечивает преобладание окислительной среды и в подчиненных ландшафтах. Однако, по соотношению важнейших параметров биотического круговорота - запасам биомассы и ежегодной продукции изучаемые ландшафты имеют существенное различие.

Наиболее продуктивными сообществами являются леса из грецкого ореха – собственно ореховые леса, приуроченные к северным склонам с черно-коричневыми почвами. Их общая фитомасса (без учета корней древесного яруса) составляет 202 т/га. По всем показателям структуры фитомассы эти растительные сообщества соответствуют широколиственным лесам. При этом существенной особенностью этих сообществ является чрезвычайно высокие показатели запасов фитомассы травяного яруса (6,84 т/га)

Растительные сообщества, занимающие южные мезосклоны, сильно отличаются от лесных сообществ в привычном понимании и относятся, согласно Р. Х. Уиттекеру [3], к разряду аридных редколесий. При этом следует отметить, что растительные сообщества, располагающиеся на разных частях склонов южной экспозиции (и, следовательно, приуроченные к разным подтипам коричневых почв), существенно отличаются друг от друга по флористическому составу и структуре. Это заставляет дифференцированно подходить к оценке продуктивности сообществ южных склонов.

Максимальными запасами фитомассы - 63,5-83,6 т/га (без учета корней древесного яруса) обладают растительные сообщества, расположенные на нижних частях склонов и приуроченные к коричневым выщелоченным почвам с наиболее благоприятным режимом увлажнения. Минимальными запасами фитомассы (18-33 т/га) обладают растительные сообщества на коричневых карбонатных почвах, приуроченные к средним, наиболее инсолируемым и, как следствие, самым сухим частям склонов. При этом травяной ярус имеет аналогичные закономерности - 2,45 т/га на коричневых выщелоченных почвах и 1,59 т/га на коричневых карбонатных почвах.

Изученные сообщества характеризуются довольно высокими величинами прироста. Так, для сообществ северных склонов годовой прирост составляет более 16 т/га, причем на долю зеленых частей приходится более половины массы прироста. В экосистемах нижних частей южных склонов годичный прирост составляет 8,3-12 т/га. В его массе древесина, зеленые ассимилирующие и подземные органы дают приблизительно равные доли прироста. В сообществах на коричневых карбонатных почвах наибольшую долю в приросте составляют подземные органы травянистых растений (52-64%). Сообщества верхних частей южных склонов занимают по этому показателю промежуточное положение.

Помимо абсолютных величин прироста интересна предложенная Р. Х. Уиттекером характеристика – коэффициент аккумуляции фитомассы, имеющий четкие диапазоны значений для разных биомов суши. Он представляет собой отношение накопленной биомассы к величине первичной продукции растительных сообществ и рассчитывается для надземной фитомассы. В нашем случае наименьшим коэффициентом обладают сообщества на коричневых карбонатных почвах – 3,9–4,9. По Уиттекеру, такие величины характерны преимущественно для кустарниковых зарослей. Сообщества на типичных коричневых почвах имеют более высокий коэффициент аккумуляции фитомассы – 7,9. В сообществах на коричневых выщелоченных почвах он увеличивается до 9–11, что соответствует мелколесью. В биогеоценозах северных склонов этот коэффициент наибольший - 21,4. Такие величины характерны для полновозрастных широколиственных лесов.

Проведенный анализ показателей продуктивности свидетельствует о существенных различиях между сообществами ландшафтов северных и разных частей южных склонов. Различия проявляются как в общих запасах фитомассы, так и в особенностях ее структуры. Это позволяет заключить, что в пределах пояса орехово-плодовых лесов формируются растительные сообщества разных типов – от широколиственных лесов до сообществ полусаваннового типа.

Подводя итог изложенному, необходимо подчеркнуть следующее. Пояс орехово-плодовых лесов Западного Тянь-Шаня представляет сочетание ландшафтов, весьма существенно различающихся по характеристикам биологического круговорота. При этом некоторые из них вообще нельзя отнести к лесным. Наиболее существенным образом различаются ореховые леса северных мезосклонов, главные черты которых соответствуют типичным лесным сообществам, и фитоценозы мезосклонов южной экспозиции, представленные сообществами саванноидного типа. В пределах ландшафтов южных склонов также обнаружена существенная дифференциация параметров биологического круговорота.

Наряду с этим общей чертой всех изученных сообществ является необычно большая роль травяного покрова в биологическом круговороте. Даже в занимающих склоны северной экспозиции сообществах ореховых лесов, в наибольшей степени соответствующим по основным параметрам биологического круговорота широколиственным лесам, роль травяного покрова чрезвычайно высока. Ни одно из известных лесных растительных сообществ не сочетает в характере биологического круговорота черты, присущие лесным и степным сообществам одновременно, как это имеет место в ореховых лесах. Видимо этим объясняется феномен уникального гумусного состояния черно-коричневых почв, отличающихся необычайно высоким содержанием и запасами гумуса гуматного типа и значительно превосходящими по этим показателям черноземы (до 700-800 т/га)

Литература

1. Глазовская М.А. Почвы мира. М.: Изд-во. МГУ. 1972. Т.1 230 с., 1973. Т. 2. 427 с
2. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: «Астрей-2000», 1999.-768с.
3. Уиттекер Р. Х. Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс, 1980. 328 с.
УДК 631.48:235.31

**ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В КРИОЛИТОЗОНЕ
(НА ПРИМЕРЕ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ПЛАТО ПУТОРАНА)**

А.А. Усачева, И.А. Горбунова

МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, e-mail: usacheva@list.ru; iagorb@mail.ru

Особенностям почвообразования в областях распространения вечной мерзлоты посвящено много исследований. В основном они касаются тундровых территорий, для которых характерна высокая обводненность и яркие признаки криогенеза в почвенном профиле. Менее яркими признаками криогенеза обладают почвы, формирующиеся на элювии кристаллических пород. Несмотря на близкое залегание вечной мерзлоты, из-за особенностей почвообразующих пород, криогенные признаки в этих почвах практически не выражены. К таким регионам относятся и горы Путорана. Почвенные исследования проводились на склоне северной экспозиции в западной части плато Путорана, на южном берегу оз. Лама. Фоновыми почвами участка являются подбуры, литоземы, слаборазвитые почвы и криоземы.

Основными почвообразовательными процессами на плато Путорана являются торфообразовательный, альфегумусовый и процесс почвенного криогенеза.

Торфообразование

Развитие торфообразовательного процесса на исследуемой территории связано с замедленным разложением растительных остатков из-за низких температур над мерзлым горизонтом, вследствие этого формируются в основном органогенные горизонты: подстильно-торфяной (О), торфяной (Т), грубогумусовый (АО) торфянисто-перегнойный (Нт).

Для характеристики процесса торфонакопления во всех горизонтах почв проводилось определение потерь при прокаливании. Потери при прокаливании в подстильно-торфяных и торфяных горизонтах колеблются в пределах 80,0-96,1%, в перегнойных и грубогумусовых горизонтах составляют 46,7-78,4%, в минеральных и органо-минеральных горизонтах достигают довольно высоких значений и равняются 15,8-48,1%.

Гумусообразование

По сравнению с органогенными органо-минеральные горизонты встречаются намного реже. Они представлены потечно-гумусовыми ВН_{hi}, гумусово-слаборазвитыми W и серогумусовыми горизонтами АУ.

Почвы характеризуются высокой гумусированностью всего деятельного слоя, мощность которого колеблется от 19 до 41 см. Накоплению гумуса в минеральных горизонтах (4,2-15,7%) почв плато Путорана способствует как осаждение органо-минеральных соединений железа и алюминия, так и включения грубых измельченных органических остатков в минеральную массу горизонта. Последние визуально не отмечаются, однако об их присутствии свидетельствуют данные потерь при прокаливании.

Альфегумусовый процесс

Альфегумусовая миграция широко распространена в холодных гумидных областях. Альфегумусовые почвы формируются в условиях свободного поверхностного и внутрпочвенного дренажа на щебнистых продуктах выветривания магматических или метаморфических пород.

Альфегумусовые почвы в районе исследования представлены подбурами. Здесь широкое развитие получили типичные подбуры, реже отмечаются дерново-подбуры. Подбуры характеризуются морфологически и аналитически выраженной иллювиальной аккумуляцией алюмо-железо-гумусовых соединений, формирующих хемогенный альфегумусовый горизонт ВН_F коричневых или охристо-бурых тонов [1]. На исследуемом участке выделяются две основные модификации альфегумусового горизонта: охристый иллювиально-железистый горизонт В_F с содержанием гумуса обычно не выше 2%, и коричневый до черного иллювиально-гумусовый горизонт В_H, в котором содержание гумуса может достигать 10%. Содержание гумуса во всех описанных нами подбурах довольно велико. Так, например, в иллювиально-гумусовых горизонтах В_H гумуса содержится в количестве 12,2%-15,7%, в горизонте ВН_F - 4,7%, а в ярко охристом иллювиально-железистом горизонте В_F - 5,4%. Таким образом, типодиагностические горизонты ВН_F и В_F и, соответственно, сами почвы получили названия в большей степени исходя из морфологических описаний, нежели опираясь на аналитические данные, т.к. в районе исследования содержание гумуса значительно превышает критерии, приведенные в Классификации и диагностике почв России [1].

Для подбуров характерна кислая реакция почвенной толщи, ненасыщенность профиля основаниями, высокая гидролитическая и обменная кислотность. Эти показатели свидетельствуют об интенсивном промывании почвенного профиля, выносе оснований за пределы почвы [2].

Альфегумусовый процесс, т.е. процесс образования и перемещения по профилю алюмо-железо-гумусовых соединений, является основным, определяющим генетическое своеобразие подбуров. Нами этот процесс диагностирован, в первую очередь, по ярко бурому (охристому) или буровато-коричневому цвету горизонтов В_H, ВН_F, В_F, а также по новообразованиям в этих горизонтах, представленных охристо-бурыми глинистыми пленками (кутанами иллювиирования), которые обнаруживаются на включениях щебня, реже на мелкозем.

Почвенный криогенез и криогенные признаки почв

Развитие почвенного криогенеза на плато Путорана, в первую очередь, обусловлено близким залеганием многолетнемерзлых пород, мощность которых варьирует в пределах 600-800 м [3]. Также существенную роль играют низкие температуры и длительное пребывание почв в мерзлом состоянии. В западной части Путорана из-за суровости климата на высотах более 550 м выражены лишь начальные этапы почвообразовательного процесса. Здесь физическое выветривание преобладает над химическим. На этих высотах отсутствуют не

только почвы, но и скопления мелкозема.

В целом, для криогенного почвообразования характерно широкое распространение маломощных почв начальных стадий почвообразования, замедленное преобразование органического вещества и формирование торфяных горизонтов.

В почвах плато Путорана криогенные признаки отмечены в большинстве почвенных профилей: они проявляются в вертикальной ориентации щебня, и криогенной пылеватости горизонта ВН (перегнойный иллювиально-многогумусовый подбур) (табл. 1). Также в профиле перегнойно-торфяного литозема грубогумусированного обнаружена тонкая горизонтальная слоистость или так называемая сланцеватая структура (плитчатая структура с размерами структурных отдельностей 3-5 мм). Сланцеватая структура (текстура) является характерным признаком находящихся длительное время в мерзлом состоянии почвенных горизонтов; ее возникновение связано с механическим воздействием ледяных линз на мелкозем почвы – его раздвигание, уплотнение [4].

В профилях криозема с признаками альфегумусовой миграции и торфяно-литозема заметно мерзлотное вымораживание, сортированность материала, а также криогенная окатанность обломков (табл. 1). В криоземе наблюдается инверсия горизонтов, которая может быть объяснена криотурбациями, возникающими при замерзании и протаивании избыточно увлажненных почв (табл.1).

Таблица 1

Морфологические признаки криогенных почв, процессы, факторы и причины их образования в исследуемых почвах плато Путорана (составлено авторами по данным А.А. Усачевой и О.И.Худякова [5])

Криогенные процессы и факторы	Морфологические признаки в почве
Интенсивное промерзание сильновлажных горизонтов почвы; пучение	Перемешивание почвенной массы в горизонтах и инверсия горизонтов
Освобождение влаги из мерзлого состояния	Образование верховодки
Кристаллизация влаги при промерзании почвенного профиля	Формирование сланцеватой (плитчатой) структуры
Частый переход температуры почвенного профиля через 0° и длительное пребывание в мерзлом состоянии	Преобладание в мелкоземе почвы песчаной, крупно- и среднепылеватых фракций; перераспределение щебнистого материала в почвенном профиле

Своеобразие процессов выветривания кристаллических пород, связанное с частым переходом температуры почвенного профиля через 0° и длительным пребыванием в мерзлом состоянии [5], приводит к преобладанию в мелкоземе всех почв плато крупнопылеватых фракций (51,2-58,9 %), мелкого песка (14,6-24,7 %) и средней пыли (8,5-10,9%).

Таким образом, основными почвообразовательными процессами на плато Путорана являются торфообразовательный, альфегумусовый и почвенный криогенез. Широкое развитие торфообразования связано с низкими температурами почв над мерзлым горизонтом. Развитию альфегумусового процесса способствует свободный поверхностный и внутрипочвенный дренаж, а также богатство материнских пород первичными железосодержащими минералами. Почвенный криогенез обусловлен частыми переходами температуры почвенного профиля через 0° и длительным пребыванием в мерзлом состоянии. Криогенные признаки представлены сортировкой и окатанностью обломочного материала, сланцеватой структурой (текстурой) минеральных горизонтов, а в отдельных случаях инверсией генетических горизонтов.

Литература

1. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
2. Таргульян В.О. Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях. – М.: Наука, 1971. – 268 с.
3. Геокриология СССР. Средняя Сибирь. Под ред. Э. Д. Ершова. М.: Недра, 1989. – 414 с.
4. Алифанов В.М. Формы проявления криогенеза в почвах Восточного Забайкалья // Почвенный криогенез и мелиорация мерзлотных и холодных почв. – М.: Наука, 1975. – с.106-108.
5. Худяков. О.И. – Криогенез и почвообразование. – Пушкино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1984. – 196 с.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ УРБОГЕОСИСТЕМ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ЭКОФИТОИНДИКАЦИИ*М.Д. Уфимцева, Н.В. Терехина**Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург,
e-mail: margufim@MU2881.spb.edu, natalia_terekhin@mail.ru*

Интегральная экофитоиндикация представляет научное направление, сформировавшееся при исследованиях по оценке состояния городской среды. Его методологическую основу образуют теоретические положения трех наук: 1) геохимии ландшафтов, основы которой были заложены Б.Б. Польшовым и развиты М.А. Глазовской и учениками её школы (Н.С. Касимовым, В.А. Снытко и др.), 2) биогеохимии В.И. Вернадского как науки о роли живых организмов в миграции химических элементов и 3) ботанической географии, рассматривающей растительный покров как компонент географического ландшафта. При этом необходимо подчеркнуть, что при важности всей триады наук интегральная экофитоиндикация сформировалась как научное направление в ботанической географии, что обуславливает основную особенность направления исследований – от растительности к среде.

Объектом интегральной экофитоиндикации является функциональное состояние растительного покрова как самого физиономического и чувствительного компонента урбогеосистем, оцениваемого по комплексу его ответных реакций (фитогеохимические особенности растений, фитооптические, физиономические (видимые) реакции: хлороз, некроз, паразитарные повреждения, классы жизненности и др.). Принятая методология дает возможность на основе многокритериального подхода не только оценить экологическое состояние городской среды, но и выявить устойчивость видов древесных и кустарниковых растений к конкретным условиям среды и, следовательно, определить наиболее эффективные состав и структуру зеленых насаждений города. Таким образом, интегральный экофитоиндикатор является индикатором системного ранга, так как растительность рассматривается с позиций оценки ее функционирования по проявляемым реакциям на соответствующие условия городской среды.

Данное направление включает несколько блоков, основными из которых являются физиономический, фитооптический и фитогеохимический. Физиономический блок опирается на экспрессный метод, суть которого заключается в том, что вся иерархия биотических систем (от клеточного уровня до урбофитоценозов) при техногенной нагрузке (стрессовый фактор), в силу высокой скорости происходящих процессов (по сравнению с эволюционными), не успевает активизировать свой адаптационный потенциал. Как следствие – возникновение физиономических реакций. Определение их процентного соотношения дает возможность выделить классы жизненности зеленых насаждений, что позволяет оценить их средообразующую роль, выполнение ими санитарно-гигиенических функций и провести зонирование исследуемой территории по степени экологической напряженности. Фитооптический блок основан на регистрации отражательных свойств растений. При практическом использовании он хорошо коррелирует с результатами физиономического блока [1].

Фитогеохимический блок представляет основной метод исследований, при проведении которых, так же, как и в геохимии ландшафта, проводится отбор проб растений и почв не только в городе, но и в фоновых условиях. Сравнительный фитогеохимический анализ сопряженно отобранных проб (город-фон) дает возможность определить различные коэффициенты, используемые в подобных исследованиях, охарактеризовать интенсивность и вещественный состав загрязнения экологических зон, выделенных экспрессным методом, определив экоиндикационные параметры и критерии для каждой из них. Одновременно выявленный диапазон сложившейся биогеохимической структуры зеленых насаждений в различных экологических зонах характеризует устойчивость соответствующих типов урбофитоценозов в конкретных условиях городской среды.

Теоретические положения интегральной экофитоиндикации, методы исследований и полученные результаты по оценке городской среды Санкт-Петербурга, опробованные на эталонном Василеостровском районе, подробно изложены нами ранее [2, 3].

Ниже приводятся наиболее значимые параметры по Центральному административному району (ЦР) Санкт-Петербурга, в пределах которого находится историческая часть города. Общий уровень содержания химических элементов в почвах и растениях менее показательны, чем относительные коэффициенты, вычисленные на их основе. Коэффициенты концентраций ведущих загрязнителей почв, вычисленные по отношению к локальному фону, составляют в среднем (минимум, максимум): $Zn=10,6$ (4,0-24,1), $Pb=7,1$ (2,1-14,0), $Cd=4,3$ (0,15-9,21), $Cu=3,5$ (1,15-9,5). Суммарный показатель загрязнения поверхностных горизонтов урбаноземов ЦР рассчитан по формуле с учетом класса опасности тяжелых металлов (ТМ): $Z_{ст}=\sum (K_{ki} \times K_{ni}) - (n-1)$, где K_{ni} – коэффициент токсичности i -го элемента. Для сохранения шкалы критических нормативных суммарных показателей Ю.Е. Саета [4] элементам 1 (Zn, Pb, Cd), 2 (Cr, Ni, Cu, Co) и 3 (Fe, Mn, Sr, Ba) классов опасности приданы, соответственно, значения весов K_{ni} 1,5; 1,0 и 0,5 [5]. Средний показатель суммарного загрязнения, согласно этой формуле, составляет 35, что позволяет отнести почвы ЦР к опасной категории. Дифференцированная оценка территории показывает, что к опасной категории загрязнения принадлежит 45,5 % отобранных проб, к умеренно опасной категории – 36,3 % и к не опасной категории – 18,2 %. Ряд исследователей [5, 6 и др.] к 1-му классу опасности относят и хром, учитывая его высокую биологическую активность и канцерогенность. K_k хрома в почвах ЦР – 1,97 (лимиты 0,97–2,49). Если принять это положение, то экологическое состояние городской среды ЦР более неблагоприятно, о чем свидетельствуют и низкие классы жизненности зеленых насаждений.

Содержания ТМ в растениях ЦР превышают их величины в фоновых условиях, за исключением марганца, являющегося дефицитным элементом в урбогеосистемах. Коэффициенты концентраций металлов у наиболее чувствительной к загрязнению липы в ЦР составляют: Fe_{15,3}, Cr_{9,5}, Cu_{6,7}, Zn_{6,2}, Cd_{6,0}, Ni_{3,4}, Pb_{3,1}. Элементы, находящиеся в максимуме четного ряда с подчиненными им элементами нечетного ряда, образуют пары химических элементов Са:К, Fe:Mn, Са:Ва и Zn:Cu, имеющих индикаторное значение. Особенно важно как индикаторный критерий соотношение Fe:Mn, равное в фоновых условиях для листьев дуба 0,16, для листьев липы 0,45, а для листьев деревьев ЦР 3,4 и 5,1 соответственно. Такое возрастание отношений свидетельствует о нарушении эволюционно сложившихся закономерностей распределения химических элементов в городских растениях.

Межкомпонентные связи в урбогеосистемах ЦР характеризуются накоплением в растениях Pb, Cu и Cd, коэффициент биологического накопления (КБН) которых рассчитан по отношению к содержанию этих элементов в почвах ЦР и соответственно составляет 3,6, 2,8 и 1,75. Высокие значения КБН показывают, что элементы-загрязнители поступают в растения не только из почвы, но и из атмосферного воздуха.

Сопряженными методами исследования выявлена толерантность древесных и кустарниковых видов городских растений к загрязнению и составлены рекомендации по озеленению территорий с разной техногенной нагрузкой. К наиболее устойчивым древесным породам относятся: *Populus balsamifera*, *Salix alba*, *Fraxinus excelsior*, *F. pennsylvanica*, *Quercus robur*, *Q. rubra*, *Acer negundo*, *Betula pendula*, а также многие виды кустарников *Cotoneaster lucidus*, *Syringa vulgaris*, *S. josikaea*, *Rosa rugosa*, *Caragana arborescens*, *Berberis vulgaris*, *Physocarpus opulifolius*, *Phyladelphus coronarius*, *Symphoricarpos rivularis*, биоразнообразие которых в составе озеленения скверов, садов и парков несет не только эстетическую нагрузку, но и усиливает устойчивость насаждений. Наиболее уязвимый вид *Tilia cordata* также рекомендуется для озеленения города в связи с её способностью к регенерации поврежденных побегов и высокой индикаторной значимостью при экологической оценке городской среды. Оптимизация неблагоприятной экологической обстановки одного из исторических районов Санкт-Петербурга заключается в создании устойчивых зеленых насаждений и доведении их площади до нормативов ВОЗ.

Литература

1. Терехина Н.В. Многокритериальная фитоиндикационная оценка экологического состояния городской среды мегаполиса (на примере Василеостровского района Санкт-Петербурга). Автореф канд. дисс. СПб. 1998. 20 с.
2. Уфимцева М.Д. Методологические основы экофитоиндикации // Основы экогеологии, биоиндикации и биотестирования водных экосистем. СПб, 2004. с. 193-198.
3. Уфимцева М.Д., Терехина Н.В. Фитоиндикация экологического состояния урбогеосистем Санкт-Петербурга. Изд-во "Наука". 2005. 339 с.
4. Сает Ю.Е., Смирнова Р.С. Геохимические принципы выявления зон промышленных выбросов городских агломераций // Вопросы географии. М., 1983. Сб. 120. С. 25–32.
5. Водяницкий Ю.Н. Формулы оценки суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами и металлоидами // Почвоведение, 2010, №10, с.1276-1280.
6. Angulo E. The Tomlinson Pollution Load Index applied to heavy metal, 'Mussel-Watch' data: a useful index to assess coastal pollution // Sci. Total. Environ. 1996. 187, p. 19-57

УДК 631.47

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ИХ РОЛЬ В МАССОПЕРЕНОСЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АКВАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТАХ

Ю.А. Федоров, А.В. Михайленко, И.В. Доценко
ЮФУ, Ростов-на-Дону, e-mail: fedorov@sfedu.ru

Для выяснения роли биогеохимической обстановки в распределении и массопереносе тяжелых металлов в системе «вода - донные отложения» было проанализировано более сотни проб воды и верхнего слоя донных отложений, отобранных во время проведения экспедиционных работ в дельте реки Дон (Таблица 1). Исследовалось содержание ртути, меди, метана, сероводорода и определялись значения рН, Eh. На основании полученных результатов впервые выполнена классификация аквальных ландшафтов с использованием количественных показателей.

Выделены природные, техногенные и природно-антропогенные ландшафты. Придонные слои воды везде характеризовались положительными значениями Eh. По величине значений окислительно-восстановительного потенциала (ОВП), содержания метана и сероводорода доказано наличие следующих обстановок – кислородной, глеевой, сероводородной, кислородно-глеевой и глеево-сероводородной.

Показано, что в самом верхнем слое донных осадков (так называемый редокс-слой) могут существовать аэробные, анаэробные и анаэробно-аэробные условия, которые зависят от физико-химических, гидрологических условий, содержания и типа органического вещества, бактериального сообщества и литологического состава донных осадков. Отметим, что именно эти факторы входят в число показателей, определяющих «сумму жизни» в донных осадках и придонных слоях воды. Наблюдается тенденция к снижению значений Eh и, менее контрастно рН, в придонных слоях воды и верхнем слое донных осадков в направлении – кислородная→глеевая→сероводородная обстановка. Содержание ртути в донных осадках возрастает аналогичным образом, тогда как медь ведет себя относительно индифферентно. Оба металла демонстрируют рост содержаний в природных ландшафтах с увеличением доли тонкодисперсной фракции илов, а также с усилением антропогенного

воздействия. Сероводородная обстановка способствует замедлению темпов массопереноса ртути из донных отложений в воду, что связано с образованием гидросульфидов и сульфидов ртути, а также изоморфным захватом гидротроилитом ($\text{FeS} \cdot n \text{H}_2\text{O}$). При низких значениях ОВП и соответственно содержания кислорода свободный сероводород может играть экранирующую роль, переводя ртуть в её сульфид. В глеевой и глеево-сульфидной обстановке возможно усиление эмиссии ртути в виде элементной и метилртути, поскольку бактерии метаногены, и в некоторой степени сульфатредукторы, способствуют их образованию. При смене обстановки с сероводородной на кислородно-сероводородную и даже кислородную в результате окисления свободного сероводорода до элементной серы возможна сорбция последней эмитирующей ртути и накопление в верхнем слое донных осадков [1]. Однако депонирование ртути может не произойти, если скорость осаждения будет невелика и элементная сера успеет окислиться до сульфатных ионов. Ртуть вместе с метаном способна диффундировать к поверхности донных отложений. Не исключен также и другой путь, а именно, конвективный перенос, когда образующийся метан, при превышении давления существующего донных отложениях, способен их прорывать и выделяться в виде пузырьков газа. В дельте реки Дон этому благоприятствуют сгонно-нагонные явления, создающие при взмучивании осадков предпосылки для высвобождения элементной ртути и её подвижных газообразных форм [2]. На процесс массопереноса тяжелых металлов в системе вода – донные отложения определенное влияние оказывает химический фактор. Особенно отчетливо он проявляется на участках аквального техноседиментогенеза. В зонах техногенеза в отдельных местах вследствие подкисления вод возможно растворение ZnS , CdS , PbS , равно как и гидроксидов Zn , Cd и Cu на участках подщелачивания вод. Однако по нашему мнению большую роль в процессах массопереноса может играть наличие фульвокислот. В присутствии фульвокислот процесс растворения сульфидов интенсифицируется — для PbS , например, его скорость может возрастать в 10—60 раз по сравнению с воздействием воды, не содержащей органического вещества (ОВ). Наши исследования, выполненные для реки Северная Двина, подтверждают эту гипотезу. Содержание растворенной ртути проявляло тесную корреляцию с концентрацией фульвокислот, что дало основание предположить нахождение её главным образом в растворенной форме миграции в составе фульватных комплексов. Добавим, что присутствие Fe , Cu , Mn и Al ускоряет метилирование Hg^{2+} фульвокислотой, причем этот процесс активно идет и в темноте при значениях $\text{pH}=4,0-4,5$ [3]. Таким образом, в дельте реки Дон на участках, подверженных постоянному органическому загрязнению и эвтрофированию, вероятность образования в присутствии высоких содержаний ТМ, например, меди, наиболее токсичной формы нахождения ртути – метилртути существенно возрастает.

Таблица 1

Изменение pH, Eh, содержания восстановленных газов и тяжелых металлов в донных отложениях дельты реки Дон (летний период)

Характеристика аквального ландшафта (донных отложений)	Характеристика донных отложений*	Eh, мВ Вода/ донные отложения**	pH Вода/ донные отложения**	CH_4 , мкг/г вл. м. в донных отложениях.	H_2S , мг/г вл.м. в донных отложе- ниях	Hg, мкг/г с.м. в донных отложе- ниях	Cu, мкг/г с.м. в донных отложе- ниях
1	2	3	4	5	6	7	8
Ландшафт природный Кислородная обстановка	Песок перемытый	+190...+375 +180...+334	7.2...8.40 7.0...8.0	0.01..0.32	0.0..0.04	0.02..0.06	15-27
Ландшафт техногенный Кислородно-глеевая обстановка	Песок различной размерности, перемытый, часто с техногенным материалом - до 50-70% (стекло, бетон, пластмасса и др.)	+109...+275 +50...+134	7.1...7.9 7.3...7.5	0.05..0.21	0.0..0.06	0.04..0.19	12..47
Ландшафт природно-антропогенный Глеевая обстановка	Песок заиленный от темно-серого до черного цвета, в различной степени загрязненный хозяйственно-бытовыми отходами (примазки нефте-продуктов, органическое вещество, с гнилостным запахом), без запаха сероводорода	+83...+277 -178...+98	6.9...7.4 5.0...7.8	0.12..40.5	0.03..0.2	0.08..0.17	40..68

Ландшафт природный Кислородно-глеевая обстановка	Ил песчанистый темно-серого цвета без запаха сероводорода, с неразложившимися остатками водной и наземной растительности	+99...+260 +90...+154	7.1...7.8 7.5...8.1	0.04..0.61	0.01..0.1	0.05..0.19	14..38
Ландшафт природный Глеево-сероводородная обстановка	Ил песчанистый от темно-серого до черного цвета, с видимой органикой и запахом сероводорода	+ 73...+150 -75...+110	6.71...7.17 6.4 ...7.1	0.2..4.5	0.2..1.4	0.08..1.1	22..39
Ландшафт природный Сероводородная обстановка	Ил глинистый черного цвета, маслянистый, с запахом сероводорода	+16...+126 -250...+55	6.5...7.5 6.0...7.0	0.10..2.0	0.7...2.1	0.05.. 1.8	21..38

Примечания: *характеристика донных осадков дана по [4]

**В числителе указан интервал изменения значений и концентраций в воде, в знаменателе – то же в верхнем слое донных отложений

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов Президента РФ «Ведущие научные школы» НШ-5658.2012.5, Г/К П1102, РФФИ 12-05-00420.

Литература

1. Fedorov Yu.A., Dotsenko I.V., Mikhailenko A.V. The role of the hydrological factors in the formation of field concentrations and fluxes of reduced gases and mercury in the sea of Azov. Conference Proceedings of 11-th International Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection, SGEM 2011, Conference Centre Flamingo Grand, Albena Complex, Bulgaria, 20-25 June, 2011, vol.III, p. 718
2. Федоров Ю.А., Овсепян А.Э Ртуть и ее связь с физико-химическими параметрами воды (на примере рек Севера ЕТР) // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. Ростов-на-Дону.-2006.-№ 2.- с.82-89.
3. Федоров Ю.А., Хансиварова Н.М., Березан О.А. Об особенностях распределения и поведения ртути в донных отложениях нижнего течения р. Дон и Таганрогского залива. Известия ВУЗов, Северо-Кавказский регион, Естественные науки, 2001, №3, с.76-78
4. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почв химическими веществами. № 4266-87 от 13 марта 1987 г

УДК 504.4

ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИЙ И СТОКА МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В РЕКАХ СЕВЕРА РУССКОЙ РАВНИНЫ

В.А. Федорова

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, e-mail: fva_14@mail.ru

В настоящее время вопросы рационального использования водных ресурсов приобретают огромное значение в связи с возрастающим водопотреблением, а также сбросом отработанных сточных вод в водоемы и водотоки. При этом важная роль принадлежит контролю за качеством речной воды, основной задачей которого является получение объективной информации о пространственно-временной изменчивости целого ряда компонентов. К числу приоритетных загрязняющих веществ относятся микроэлементы, которые при превышении определенных пределов становятся токсичными для гидробионтов и аккумулируются в их тканях.

Содержание микроэлементов подвержено колебаниям во времени, что может быть обусловлено рядом случайных и кратковременных причин (колебание температуры воздуха и воды, влияние процессов жизнедеятельности, ветровое перемещение водной массы и донных наносов и др.). Таким образом, для объективного и достоверного анализа качества воды недостаточно ограничиваться лишь единичными пробами, а необходимо проводить накопление и усреднение данных за определённый промежуток времени (зимнюю межень, весеннее половодье, летне-осенний период, гидрологический год).

Целью данной работы явился анализ временных и пространственных изменений концентраций и стока микроэлементов в воде рек, расположенных на территории севера Русской равнины за период 1983 – 2000 гг.

В основу работы положены материалы многолетних наблюдений на 33 гидролого-гидрохимических постах Северного территориального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Сток микроэлементов рассчитывался при помощи прямого метода как средневзвешенный по водному стоку, что позволяет учесть изменения водности. В работе мы ограничились расчётом стока и последующим анализом лишь трех микроэлементов – меди, цинка и никеля, что обусловлено регулярными наблюдениями за их содержанием.

Анализ содержания микроэлементов в течение гидрологического года показал, что явной тенденции преобладания значений на протяжении какого-либо из гидрологических сезонов не отмечается. Соответственно, распределение стока микроэлементов определяется внутригодовым распределением жидкого стока. Так, наибольшая доля стока меди, цинка и никеля на исследуемых постах приходится на фазу весеннего половодья и составляет 29 – 66%. В летне-осенний период данные значения несколько ниже – 12 – 45%, наименьшие же показатели наблюдаются в зимнюю межень – 5 – 30%.

Анализ многолетних рядов содержания и стока меди в реках севера Русской равнины позволил все водотоки объединить в 2 группы.

В первую группу входят рр. Пинега, Вычегда, Кодина, Мезень и др., характеризующиеся повышенным содержанием и стоком меди в 1980-е гг. Для постов, относящихся к данной группе, характерно уменьшение концентрации и стока в 1,1 – 5,5 раза при сравнении периодов 1983 – 1991 и 1992 – 2000 гг.

Вторая группа объединяет рр. Онега, Сямжена, Кичменьга, Юг, Верхняя Ерга и др. В воде указанных рек в 1980-е годы фиксируется рост концентраций и стока меди, которые достигают максимальных значений в начале – середине 1990-х гг. В результате – средние концентрации и сток меди увеличились в 1,8 – 2,5 раза.

Разнонаправленность многолетних изменений содержания и стока меди на различных постах изучаемого региона свидетельствует об очевидном воздействии региональных факторов, которые обуславливают усиление миграции данного элемента.

Следует отметить, что в исследуемом регионе отмечается повсеместное превышение содержания меди над ПДК для водоёмов рыбохозяйственного назначения - средние концентрации изменяются в интервале 2 – 11,70 ПДК. Относительно высокий уровень содержания меди в воде рек севера Русской равнины связан с кислым характером почвенного раствора, повышенной концентрацией воднорастворимой меди в почвах, заболоченностью территории, которые способствуют интенсивному поступлению меди в речные воды. Соответственно, в данном регионе при оценке качества поверхностных вод целесообразно использовать побассейновые нормативы, разработанные на основе региональных фоновых гидрохимических показателей.

Анализ содержания и стока цинка выявил, что, начиная с середины 1980-х годов, происходит увеличение значений, которые к 1991 г. становятся максимальными, после чего наблюдается стабильное снижение концентраций и стока. В результате при сравнении двух периодов (1983 – 1991 и 1992 – 2000 гг.) выявлено снижение концентраций и стока цинка в 2,2 – 3,2 раза.

Средние концентрации цинка на большинстве постов соответствуют уровню 0,5 – 2,2 ПДК, максимальные же изменяются от 0,7 до 6,9 ПДК. Наибольшее превышение ПДК зафиксировано на постах р. Золотица – д. Верхняя Золотица и р. Вага – д. Глуборецкая, где среднее содержание цинка составляет 2,8 – 3,9 ПДК, а максимальное достигает 5,4 – 7,9 ПДК.

Концентрации и сток никеля характеризуются единичными пиковыми значениями, которые приходится на первую половину 1990-х г. Направленных же тенденций многолетних изменений показателей данного ингредиента не прослеживается. Превышение ПДК никеля не наблюдается.

Отсутствие сильной дифференциации в уровне загрязнения, а также схожесть тенденций многолетних изменений концентраций и стока исследуемых микроэлементов свидетельствует об общих (единых) факторах формирования химического состава в данном регионе. Известно, что север Русской равнины характеризуется отсутствием значительных источников загрязнения окружающей среды. К числу основных факторов, оказывающих влияние на качественный состав поверхностных вод в данном регионе, относится трансграничный воздушный перенос загрязняющих веществ. Данный факт подтверждается тем, что наиболее интенсивные изменения фиксируются в течение весеннего сезона, когда в поверхностные воды поступают накопленные за зимний период в осадках загрязняющие вещества, в т.ч. и тяжелые металлы.

Основными источниками трансграничного воздушного переноса микроэлементов являются объекты цветной металлургии Кольского полуострова, предприятия Северо-Западного экономического района, промышленного центра России, а также стран центральной и Восточной Европы, Поволжья и Предуралья. Источники регионального загрязнения представлены гг. Архангельск, Северодвинск, Новодвинск, Сыктывкар, Коряжма и Ухта. На юго-западе, в непосредственной близости от исследуемого нами региона, находится г. Череповец, входящий в число городов с наиболее высоким валовым выбросом загрязняющих веществ в атмосферу, что связано с расположением здесь таких промышленных гигантов как ОАО “Северсталь” и АП “Севергазпром”.

УДК 504.054

ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТИ ЭКОСИСТЕМ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ РАКЕТ

А.Н. Филаретова

МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, e-mail: allan32@yandex.ru

Ликвидация твердотопливных ракет (РДТТ) производится в результате разоружения или вследствие истечения срока служебной пригодности преимущественно методом сжигания. Твердое топливо состоит из трех основных компонентов: полимерного горючего-связующего, окислителя (в основном перхлораты аммония и калия) и металлической добавки (алюминий). Многочисленные сложные химические реакции приводят к образованию сильно нагретого облака продуктов сгорания, которое поднимается до высоты 1-2 км, а затем начинает перемещаться с потоком воздуха. При этом происходит быстрое рассеивание продуктов сгорания вследствие турбулентной диффузии и гравитационное оседание аэрозоля.

Поскольку основную часть газовой фазы продуктов сгорания твердого топлива составляет хлористый водород, возможны кислотные атмосферные выпадения, вызывающие подкисление почв и влияющие на

другие компоненты экосистем. Нештатные ситуации при проведении утилизации РДТТ могут приводить к попаданию в окружающую среду ионов перхлората.

Объектом проведенных исследований являлись ландшафты в зоне влияния предприятия по утилизации РДТТ, находящегося в Пушкинском районе Московской области, вблизи города Красноармейск. Климат территории характеризуется теплым летом, умеренно-холодной зимой с устойчивым снежным покровом, преобладают ветра западных румбов. В результате хозяйственной деятельности коренные хвойно-широколиственные леса замещены производными мелколиственно-хвойными и вторичными мелколиственными лесами, а также с/х угодьями. Почвенный покров представлен в основном дерново-подзолистыми почвами разной степени окультуренности, формирующимися на покровных суглинках, подстилаемых мореной или флювиогляциалом московского возраста, и подзолами.

Уровень допустимого воздействия продуктов сгорания твердого топлива на ландшафты был оценен через критические кислотные нагрузки экосистем изучаемой территории, рассчитанные с помощью простого балансового метода [1]. Он направлен на определение максимального поступления кислотных компонентов, не приводящего к долговременным негативным изменениям структуры и функционирования экосистемы. Ключевым параметром при расчете критических кислотных нагрузок является скорость выветривания почвенных минералов как единственного источника катионов в почве. Минимальные критические кислотные нагрузки на исследуемой территории составляют 11 ммоль(+)/м²/год и характерны для сосняков на подзолах, а максимальные – для пахотных почв – 145 ммоль(+)/м²/год. Наибольшую площадь (около 335 км² – 30%) занимают экосистемы с критическими нагрузками 69-77 ммоль(+)/м²/год, что соответствует 2,5-3 г HCl/м²/год.

Поскольку перемещение загрязнителей при сжигании твердого ракетного топлива происходит атмосферным путем, их выпадение на поверхность может происходить в различных частях рассматриваемой территории. Зону воздействия загрязняющих веществ при ликвидации РДТТ определяют направление перемещения и скорость рассеивания облака продуктов сгорания. Оценка направлений ветра в течение года в районе предприятия по утилизации РДТТ показывает, что наиболее подвержены воздействию кислотных выпадений территории, расположенные к северу, однако в зависимости от времени года происходит смена господствующих направлений ветра.

С целью расчета возможного количества кислоты, выпадающего на поверхность на разном удалении от места сжигания РДТТ и в разных погодных условиях автором была разработана модель перемещения облака продуктов сгорания с учетом процессов, происходящих в нем. Расчет рассеивания облака продуктов сгорания производился дискретно с использованием моделей и данных, приведенных в [2], [3] и других источниках. Процесс подъема облака продуктов сгорания сопровождается изменением температуры и объема самого облака, а также изменением температуры воздуха и атмосферного давления, и приводит к фазовым переходам водяного пара и хлористого водорода. В таких условиях возможно гравитационное (термодинамически обусловленное) выпадение соляной кислоты на поверхность. Впоследствии увеличение размеров облака может достичь такой степени, что его вертикальный радиус начнет превышать высоту перемещения. При наличии в облаке HCl в жидком состоянии, она в таком случае оседает на поверхности. В условиях выпадения осадков возможна адсорбция хлористого водорода в каплях дождя, также приводящая к выпадению соляной кислоты на поверхность. В рассматриваемой модели учтены все перечисленные варианты попадания кислоты в поверхностные горизонты почв.

Анализ полученных по модели результатов показал, что термодинамическое выпадение соляной кислоты происходит только при температурах воздуха ниже +4°C. В условиях высокой влажности воздуха осаждение происходит вблизи места утилизации, в основном вследствие конденсации при подъеме облака, а в условиях низкой влажности – при соприкосновении капель соляной кислоты с поверхностью. Максимальное количество кислоты при этом выпадает в радиусе 600-800 м от места утилизации. За пределами санитарно-защитной зоны (СЗЗ) предприятия по утилизации РДТТ кислотные выпадения не превышают критических нагрузок на экосистемы.

Результаты математического моделирования показали, что подкисление почв вне СЗЗ предприятия по утилизации РДТТ возможно в условиях импактного воздействия - при выпадении кислоты с дождевыми осадками в теплый период года, и максимально при скорости ветра 2 м/с и переменной облачности. Величины критических нагрузок экосистем за пределами СЗЗ по расчетным данным могут быть превышены за одну утилизацию РДТТ в 2-3 раза.

Расчет допустимого количества утилизаций РДТТ за год в условиях попадания облака продуктов сгорания в зону дождя на границе СЗЗ предприятия показал, что самыми благоприятными, с экологической точки зрения, являются ветра юго-западного румба, то есть дующие в направлении СЗЗ предприятия. Наиболее подверженными риску загрязнения продуктами сгорания ТТ на границе предприятия являются экосистемы, находящиеся к северу от стендов сжигания. С учетом полученных данных не рекомендуется проводить утилизацию ракет в теплое время года при южных и юго-восточных ветрах.

Результаты модельного лабораторного эксперимента показали, что изменения химических свойств почв при воздействии кислотных осадков затрагивают как верхние 5 см почвы, так и нижележащую толщу, однако интенсивность этих изменений существенно снижается. Оценка динамики изменения свойств почв выявила снижение кислотности почв и повышение содержания обменных оснований со временем, что свидетельствует об обратимости процессов подкисления в почвах исследованной территории.

Таким образом, воздействие продуктов сгорания твердого ракетного топлива носит локальный характер, его интенсивность связана как с процессами рассеивания облака продуктов сгорания, так и со способностью экосистем противостоять их влиянию.

Литература

1. Кислотные осадки и лесные почвы. – Апатиты, 1999. 320с.
2. РД 03-26-2007. Методические указания по оценке последствий аварийных выбросов опасных веществ
3. Технические и экологические аспекты ликвидации твердотопливных межконтинентальных баллистических ракет. - Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2009. - 636 с.

УДК 631.47

**МАЛОРАЗМЕРНЫЕ ЧАСТИЦЫ РУДНЫХ МИНЕРАЛОВ РЫХЛЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
КАК ИНДИКАТОРЫ СКРЫТЫХ РУД ДРАГОЦЕННЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ В
ВЫСОКОГОРНЫХ ОБЛАСТЯХ СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ**

Л. Г. Филимонова

*Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва,
e-mail: flg@igem.ru.*

Территория Северо-Востока России, принадлежащая к одной из уникальных золото-серебряных провинций мира, располагается в основном на территориях высокогорных трудно доступных областей крайнего севера. Значительную их часть составляют поверхности выравнивания, где формирование рыхлых отложений связано в основном с процессами физического выветривания. Поиски и прогнозирование месторождений в этих условиях базируется на данных литохимического опробования. Слабая интенсивность химических процессов в зоне гипергенеза зон холодного климата, высокая обводненность территорий определяют бедный компонентный состав и низкую контрастность аномальных геохимических полей, построенных на основе анализа валового состава проб рыхлых отложений [1 и др.]. В ряде случаев интерпретация аномалий затруднена и требует дополнительных критериев для оценки промышленной значимости прогнозируемых объектов.

Изучение минерального состава гранулометрических фракций водотоков I и II порядка, дренирующих горные вершины с промышленными Au-Ag зонами и жилами крупнейшего месторождения Дукат, показало, что их состав образован не только продуктами процессов физического выветривания, характерными для грубозернистых отложений. В составе рыхлых отложений, локализованных в отрицательных формах микрорельефа, в трещинах и полостях магматических пород, существенная роль принадлежит тонким смесям малоразмерных частиц разнообразных минералов. Подобный материал обычно обогащен наноразмерными (<0.1 мкм), малоразмерными (0.1– 20 мкм) частицами глинистых минералов, гидроокислов Fe, Mn, других минералов, способных к самостоятельной миграции. Их формирование связывается с отложением минералов из рудоносных растворов древних геотермальных систем, а также с переотложением последних в современных гипергенных процессах. Тонкие минеральные смеси были исследованы в просвечивающем электронном микроскопе (ПЭМ) JEM-100С, оборудованном рентгеновским энергодисперсионным спектрометром “Кевекс”-5100, позволяющем регистрировать в дифрагирующих частицах химические элементы от Na до U.

В результате исследований среди малоразмерных минералов тонких фракций рыхлых отложений были обнаружены коллоидные микроагрегаты из тонких чешуек оксидов марганца и рудных минералов. Тодорокит [(Ca,K,Na,Mg,Ba,Mn)(Mn,Mg,Al)₆O₁₂·3H₂O], кронадит [Pb⁺² (Mn⁺⁴, Mn⁺³)₈O₁₆], литиофорит [(Al,Li)MnO₂(OH)₂] образуют уплощенные частицы размером 10–20 мкм при толщине < 0.1 мкм (рис. 1а). В их химическом составе обнаружено до 10 мас. % оксидов Pb, Tl, Ba, Zn, занимающих определенную позицию в кристаллической структуре минералов. Ag, Zn, Ce входят в состав наночастиц, сростающихся с тодорокитом и Fe-вернадитом [(Mn⁺⁴, Fe⁺³, Ca, Na)·nH₂O(OH)₂]. Самородное серебро слагает комковатые агрегаты глобулярных наночастиц (рис. 1б). Картина микродифракции последних содержит точечно-кольцевые рефлексы, соответствующие кубической кристаллической структуре самородного серебра (*a* ≈ 4.08Å). Расположение рефлексов указывает на различную ориентацию нанокристаллов в агрегатах, образованных в процессах поздней агрегации. Псевдогексагональные зерна сульфида серебра (акантита) и волокнистые формы самородного серебра образуют спутанно-волокнистые агрегаты размером 100–150 нм (рис. 1в). Платнерит (PbO₂) образует хорошо оформленные призматические кристаллы размером <20 мкм (рис. 1г). Цинкит (ZnO) слагает дендриты из цепей, образованных глобулярными и псевдогексагональными зернами (фиг. 1д). Хлопьевидные чешуйки церианита (Ce₂O₃) и Fe-вернадита образуют чрезвычайно плотные совместные агрегаты, не разрушающиеся в процессах диспергирования препаратов.

Наличие малоразмерных частиц рудных минералов в тонких фракциях рыхлых отложений, развитых по магматическим породам северных горных территорий, может служить не только признаком скрытых гидротермальных месторождений. Формы нахождения цветных и драгоценных металлов в малоразмерных частицах следует относить к эффективным показателям рудно-формационной принадлежности экзогенных аномалий и их промышленной значимости.

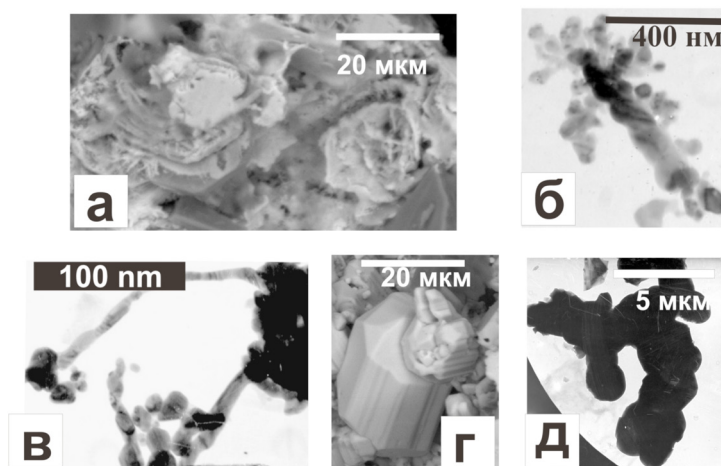


Рис. 1. Изображения микро- и наночастиц [соответственно (а, г, д) и (б, в)] Pb-Тl-Ва содержащего тодорокита (а), самородного серебра (б), спутнно-волокнистого агрегата (AgS) и серебра самородного акантита (в), платтнерита (Pb_2O) (г), цинкита (ZnO) (д) из рыхлых отложений рудного поля, вмещающего уникальное AuAg-полиметаллическое месторождение Дукат. Фото в просвечивающем электронном микроскопе.

Литература

1. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа. 1988. 324 с.

УДК 910.27

ВЕБ-КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Т.С. Хайбрахманов

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: t.s.kh@yandex.ru

Качественное экологическое исследование крупных городских систем не может обойтись без комплексного изучения ландшафтно-геохимической структуры территории. Как для проведения ландшафтно-геохимических исследований, так и для интерпретации его результатов необходимо специфическое картографическое обеспечение, которое призвано обеспечить получение точной и полной пространственной информации для решения ряда конкретных задач. Во-первых, при проведении полевых исследований важен выбор оптимального расположения точек отбора проб, поскольку и собственно отбор проб на местности и особенно химический анализ – крайне затратные операции. Во-вторых, карты должны служить пространственной основой при выявлении источников загрязнения, особенностей переноса и накопления загрязняющих веществ внутри кварталов. В-третьих, карты необходимы для установления зависимости степени загрязнения от ландшафтных особенностей и характера использования территории. Наконец, нужна карта-основа для геохимических карт.

Картографическое обеспечение может быть представлено в виде картографической базы данных (КБД). Создание такой базы данных должно опираться на использование аэрокосмических данных не только как источника для составления карт, но и как средства для их регулярного обновления и повышения оперативности исследований. Широкий доступ к сети Интернет в пределах крупных городов, а также уверенное развитие веб-картографии предоставляют значительные возможности для реализации результатов исследований городских систем в качестве специализированных геосервисов. Поэтому удобным способом представления картографического обеспечения может служить веб-картографический сервис, базирующийся на технологии интернет геопорталов. Геопортальные технологии являются на сегодняшний момент одним из наиболее активно развивающихся направлений геоинформатики, которое позволяет не только визуализировать и проводить анализ пространственных данных, но и обмениваться ими в рамках открытых коммуникационных сетей [1].

Картографическое обеспечение, представленное в виде базы данных, составлено на территорию Восточного округа г. Москвы, где уже продолжительное время ведутся ландшафтно-геохимические исследования [2,3]. Созданная КБД состоит из нескольких блоков: данные дистанционного зондирования; базовая карта – географическая основа; карты функциональных зон; карты элементов ландшафтной структуры; геохимические карты; карты выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух; медико-географические карты; синтетические, в т.ч. оценочные карты.

Картографические данные на территорию ВАО Москвы реализуются в интернет среде на основе технологии ScanEx Web GeoMixer, которая позволяет комбинировать в одном онлайн проекте различные типы данных, работать одновременно с растровым и векторным форматом, подключать базы данных и осуществлять поиск по ним. Такой проект представлен для научной публики в рамках геопортала МГУ (рис. 1).

Подобный веб-сервис имеет ряд преимуществ перед обычным бумажным или даже геоинформационным представлением данных для ландшафтно-геохимических исследований городских земель.

Во-первых, это широкая доступность сервиса любым пользователям сети Интернет. Такой подход наиболее актуален для полевых работ на городской территории, где сегодня практически повсеместно можно получить доступ к беспроводным сетям. Кроме того, геосервис не требователен к ресурсам устройства и может запускаться даже на экранах мобильных телефонов и планшетных компьютеров. Нет необходимости брать с собой всю базу данных и компьютер с установленным геоинформационным программным обеспечением, доступ осуществляется за счет мощностей серверных устройств, где базируется вся информация.

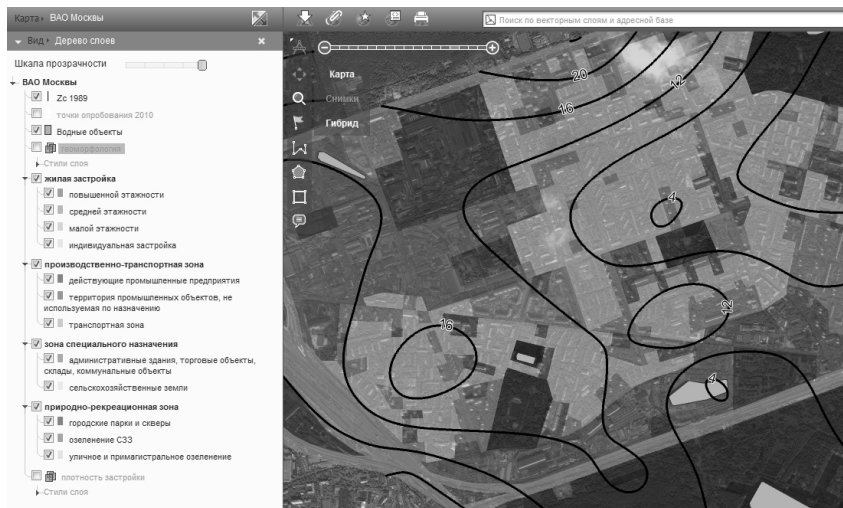


Рис.1. Веб-картографический сервис ВАО г. Москвы

Во-вторых, на портале уже реализованы все необходимые возможности для представления и использования карт, которые не требуют от пользователей высоких знаний владения ГИС.

В-третьих, послойная структура карт позволяет удобно переключаться между необходимыми данными, сравнивать их, анализировать совместно с космическими изображениями, получать необходимую комплексную информацию по нужному участку непосредственно в ходе полевой деятельности на городской территории. При этом пользователь может тут же вносить изменения в рабочий проект, добавляя новую информацию, например, о географических характеристиках изучаемого полевого участка, редактируя атрибутивную таблицу или пользуясь готовыми данными непосредственно в среде Geo-mixer (рис. 2). Также существует возможность оставлять заметки в виде сообщений, привязанных к точке наблюдений с использованием фотографических изображений и рисунков. Это удобно, если, например, необходимо сфотографировать почвенный разрез и загрузить снимок непосредственно на интернет-ресурс, привязав его местоположение на территории исследования.

точ. id	VALUE	берилл	титан	ванадий	хром	марганец	кобальт	никель	Cu	Zn	Мгст
1	2	0.0016	2.25	0.16	0.115	0.55	0.013	0.09	0.75	0.65	0.0
2	3	0.0055	3.45	0.31	0.185	1.1	0.046	0.275	1.6	1.9	0.0
3	4	0.0021	2.2	0.33	0.16	0.65	0.016	0.205	1.15	0.65	0.0
4	5	0.0013	1	0.065	0.025	0.22	0.0055	0.065	0.295	0.25	0.0
5	6	0.00225	2.55	0.095	0.17	0.55	0.0115	0.095	0.41	0.465	0.0
6	7	0.003	4.3	0.36	0.17	1.35	0.021	0.23	1.4	1.15	0.0
7	8	0.00235	2.45	0.205	0.255	1.2	0.026	0.16	1.5	0.8	0.0
8	9	0.0024	4	0.315	0.15	0.95	0.0165	0.2	1.35	0.9	0.0
9	10	0.00265	2.9	0.325	0.14	1.35	0.018	0.21	0.85	0.7	0.0
10	11	0.00085	1	0.07	0.025	0.23	0.0055	0.055	0.75	0.335	0.0
11	12	0.00115	1.45	0.09	0.025	0.3	0.008	0.07	0.5	0.425	0.0
12	13	0.0055	2.7	0.15	0.115	0.65	0.014	0.105	0.325	0.6	0.0
13	14	0.00165	1.6	0.105	0.155	0.44	0.011	0.075	0.85	0.4	0.0
14	16	0.00045	0.445	0.0185	0.025	0.22	0.002	0.0125	0.365	0.255	0.0
15	20	0.00155	1.85	0.06	0.0365	0.495	0.0075	0.05	0.19	0.12	0.0
16	21	0.0022	3	0.2	0.145	0.75	0.0175	0.15	2.7	1.05	0.0
17	22	0.0028	4.2	0.32	0.195	0.9	0.023	0.205	1.2	1.85	0.0

Рис.2. Таблица атрибутов для точек опробования сервиса ВАО г. Москвы

В-четвертых, разработчиками планируется широкая интеграция картографического сервиса с возможностями использования ГИС-анализа, так называемый Web Processing Service (WPS) [4]. Это

позволит создавать новые карты, исходя из имеющихся данных на сервисе, используя весь набор операций геоинформационного анализа, и сохраняя простоту пользовательского интерфейса и широкий доступ к ресурсам.

Наличие возможностей использования архива космической съемки и заказа снимков на геопортале МГУ позволяет создавать подложки современных данных съемки для проектов, либо использовать стандартное покрытие, представленное для крупных городов снимками со спутника IKONOS (0,8 м).

Использование веб-картографических технологий для обеспечения ландшафтно-геохимических исследований раскрывает широкие возможности для визуализации результирующей информации, представленной в виде карт, таблиц базы данных, иллюстраций и т.п. с сохранением доступа к данным из любого места, где осуществляется обеспечение выхода в Интернет. В рамках геопортала МГУ результаты исследований, реализованные в виде геосервиса, могут сравниваться с данными других пользователей, что открывает возможности для интеграции научных исследований в единый информационный блок, удобный для изучения всем научным сообществом.

1. Зимин М.В., Ботавин Д.В. Геопортальные технологии в работе МГУ имени М.В. Ломоносова// Земля из космоса. Наиболее эффективные решения. М., 2011. С. 95-102.
2. Касимов Н.С., Кошелева Н.Е., Власов Д.В. Оценка загрязнения тяжелыми металлами снежного покрова в Восточном округе г. Москвы// Экологические проблемы промышленных городов. Сб. науч. трудов, ч. 1. Саратов, 2011. С. 64-69.
3. Кошелева Н.Е., Касимов Н.С., Никифорова Е.М. Современное эколого-геохимическое состояние почв Москвы// Экологические проблемы промышленных городов. Сб. науч. трудов, ч. 1. Саратов, 2011. С.79-85.
4. <http://www.opengeospatial.org/> Open Geospatial Consortium

УДК 11.52:550.4

ВЛИЯНИЕ СТОКОВ СОЛЕОТВАЛА КАЛИЙНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ХИМИЗМ ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ГИДРОСФЕРЫ

Е.А. Хайрулина, Н.Г. Максимович

*Естественнаучный институт Пермского государственного университета, Пермь,
e-mail: elenakhay@gmail.com*

На территории Пермского края расположено одно из крупнейших в мире Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей. Несмотря на современные технологии, разработка месторождения на протяжении 80 лет привела к целому комплексу экологических проблем, характерных для районов развития галогенных формаций [1].

Спецификой калийного производства является накопление значительного количества отходов (шламохранилище, солеотвал с рассолосборниками). В настоящее время на территории Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей накоплено более 270 млн. т. галитовых отходов и более 30 млн. м³ глинисто-солевых шламов [2].

Отходы добычи и обогащения полезных ископаемых существенно различаются. Отходы горного производства, представленные вскрышными породами и вмещающими породами, характеризуются природным спектром токсичных элементов. Отходы обогащения и переработки, образующиеся в результате различных режимов измельчения руд, способов раскрытия минералов и отделения полезных компонентов от пустых пород, приводят к концентрации в отходах микроэлементов, сопутствующих основным полезным компонентам.

Стоки и фильтрация с солеотвалов и из шламохранилищ являются основным источником загрязнения окружающей среды. Водные мигранты активно участвуют в поверхностном и внутрипочвенном стоке, формируя ореолы засоления поверхностных и подземных вод. Кроме того, отходы калийных предприятий являются источниками загрязнения микроэлементами. К числу наиболее миграционно-способных, согласно данным Б.А.Бачурина [2], относятся стронций, марганец, никель, кобальт, хром, цинк.

Для исследования влияния стоков солеотвала на химический состав поверхностных и подземных вод были проанализированы сточные воды, поверхностные воды и донные отложения в районе солеотвала (реки Черная и Волим), поверхностные воды верхнего течения р. Волим и р. Телпаевка. Химический состав вод этих рек характеризует фоновые природные воды территории исследования и воды родников, представляющих и природные подземные воды, и расположенные в зоне влияния солеотвала. Химический анализ включал проведение общего анализа воды и определение содержания микроэлементов. Микроэлементы в водах и донных отложениях определялись методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на ELAN9000 после микроволнового кислотного разложения.

Для анализа трансформации химического состава вод и донных отложений в результате поступления стоков с солеотвала рассчитывался коэффициент концентрации (Кс), в качестве фоновых значений были приняты концентрации химических элементов в водах вне зоны влияния солеотвала.

Стоки с солеотвалов характеризуются хлоридно-натрий-калиевым-сульфатным составом. Минерализация сточных вод составляет 440 г/л с рН 6,6. Высокие концентрации среди макроэлементов отмечаются для Са, Mg, среди микроэлементов - Sr, Mn, Pb, Ba, Cr, Zn, Li, V и ряд других редких элементов (табл. 1).

Природные поверхностные воды относятся к гидрокарбонатно-кальциевой фации с минерализацией 330 мг/л и рН 7,4 (табл.). В районе воздействия солеотвала происходит трансформация химического состава

Таблица 1

Химический состав приповерхностной гидросферы на территории Верхнекамского месторождения калийно-магневых солей

Место отбора	Кол-во проб	pH	Общая минерализация, мг/л	Содержание ионов, мг/л				Содержание микроэлементов*, мкг/л								
				HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	Mn	Co	Ge	Rb	Sr	Tl	Pb
Сток с отвала	1	6,6	439970,0	244,1	6964,4	255898,1	1563,1	297,7	174848,6	2558,7	5,24	6,06	1711,9	24605,8	0,358	44,48
Поверхностные воды																
Фоновые	2	7,4	332,3	213,56	2,49	27,04	59,12	7,90	18,38	0,84	0,08	0,004	0,558	142,38	0,001	0,082
В районе солеотвала	2	7,5	1825,9	140,30	256,40	786,25	228,50	41,95	366,30	275,64	1,0	0,047	7,296	859,09	0,016	6,045
Ниже солеотвала	4	7,0	13733,6	106,78	716,51	7711,34	667,47	117,27	4583,31	489,92	2,404	0,310	24,449	8548,1	0,054	29,506
Подземные воды																
Фоновые	3	7,6	263,3	185,12	3,78	6,42	49,60	5,09	10,85	2,68	0,06	н.о.	0,23	125,0	н.о.	0,007
В зоне влияния солеотвала	4	7,1	10341,8	193,77	678,21	5705,99	1615,53	254,46	1885,59	18,9	2,5	0,067	1,241	9805,3	0,004	0,613
Донные отложения																
Фоновые	2	7,0	-	732,20	13,66	146,90	230,45	18,20	93,75	1611,9	15,56	1,22	42,44	189,82	0,27	12,52
В зоне влияния солеотвала	3	7,0	-	305,2	381,76	1312,13	65,13	10,13	1120,0	4383,0	4,29	0,83	47,14	76,5	0,30	14,15

Примечание: н.о. – элемент не обнаружен

* – содержание микроэлементов в донных отложениях в мг/кг сухого субстрата

поверхностных вод. Гидрокарбонатно-кальцевая фация вод сменяется на хлоридно-натрий-калиевую. Содержание основных загрязнителей увеличивается вниз по течению, достигая максимальных значений по всем компонентам. Минерализация поверхностных вод достигает 13,7 г/л, концентрация хлоридов увеличивается до 7,71 г/л, натрия и калия – до 4,58 г/л. По превышению над природным фоном (Кс) макрокомпоненты распределяются следующим образом: $SO_4(287) > Cl(285) > Na+K(249) > Mg(14) > Ca(11)$. Микроэлементы имеют более контрастные превышения над фоном (по Кс): $Mn(580) > Pb(362) > Tl(107) > Ge(88) > Sr(60) > Rb(43) > Co(29)$.

Подземные воды относятся к шешминскому водоносному комплексу, характеризующемуся гидрокарбонатно-кальцевой фацией, минерализацией 263 мг/л и pH 7,6 (табл.). Несмотря на фильтрацию сточных вод солеотвала через почву и грунты трансформация химического состава подземных вод проявляется не менее ярко, чем в поверхностных, особенно по содержанию основных водных мигрантов. Среди макрокомпонентов наибольшие коэффициенты концентрации отмечены для $Cl(889) > SO_4(179) > Na+K(174) > Mg(50,1)$. Среди микроэлементов превышения над фоном менее значительны, по значению Кс элементы располагаются следующим образом: $Pb(87) > Sr(78) > Co(39) > Mn(7)$. Появляются многие элементы, которые не были обнаружены в природных подземных водах.

Химический состав донных отложений рек в большей степени связан с механическим составом и содержанием органического вещества (Таблица). Тем не менее, относительно фоновых значений (Кс) обнаружены превышения для $SO_4(29) > Na+K(12) > Cl(8,9)$, среди микроэлементов, обладающих наибольшим значением Кс в водах, превышения выявлены у Mn – Кс достигает 4.

Исследование трансформации химического состава приповерхностной гидросферы в районе влияния солеотвала калийного предприятия показало, что, несмотря на высокие значения содержания основных водных мигрантов хлоридов, сульфатов, натрия и калия, в поверхностных и подземных водах наблюдаются чрезвычайно высокие концентрации микроэлементов, таких как Mn, Pb, Tl, Ge, Sr, Rb, Co. Анализ содержания химических элементов в донных отложениях рек свидетельствует о том, что они активно участвуют в водной миграции, не образуют ареалов накопления в донных отложениях. Это приводит к распространению загрязнения поверхностных вод на значительное расстояние.

Литература

1. Максимович Н.Г., Ворончихина Е.А., Хайрулина Е.А., Жекин А.В. Техногенные биогеохимические процессы в пермском крае // Геориск. 2010. № 2. С. 38-45
2. Бачурин Б.А., Бабошко А.Ю. Эколого-геохимическая характеристика отходов калийного производства // Горный журнал. 2008, № 10. С. 88-91.

УДК 543.74

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТРАНСФОРМАЦИИ И ИНДИКАЦИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРИ ИХ ВЕРТИКАЛЬНОЙ МИГРАЦИИ В ЛАНДШАФТАХ

А.П. Хаустов, М.М. Редина

РУДН, Москва, e-mail: akhaustov@yandex.ru

При геоэкологических оценках загрязнения компонентов ландшафтов преимущественно рассматриваются валовые содержания нефтепродуктов (НП) без учета процессов естественного фракционирования. Отсюда – недоучет токсических свойств углеводородов (УВ) в компонентах ландшафтов, заниженные оценки экологических ущербов, недостоверность учета миграции (УВ) в системе «почва–атмосфера–грунты–влага–растение» [1].

Существующие уравнения баланса УВ предполагают вертикальную миграцию НП с потоком влаги в системе «почвы–подстилающие грунты–капиллярная зона–зона насыщения» [2]:

$$W_0 = W_w - R_0 - E_0 W_w C_0 / \rho_0,$$

где W_w – интенсивность инфильтрации воды, которая рассматривается как инфильтрация при отсутствии линзы НП; W_0 – поступление НП в результате их непосредственной инфильтрации в свободном виде в зону аэрации; R_0 – интенсивность распада, обусловленного химическими и биологическими процессами; E_0 – интенсивность испарения НП; C_0 – растворимость НП в воде (принимается от 0 до 100 мг/дм³, ρ_0 – плотность НП.

Уравнение не учитывает фазовые переходы веществ, обусловленные следующими преобладающими процессами: атмосфера – испарение и химическое окисление; почвы – биоокисление и биоразложение; породы – сорбция, диффузия; капиллярная зона – формирование заземленных форм углеводородов; зона насыщения – растекание по линзе и миграция внутри в виде растворенных форм. Огромное значение имеет возраст нефтяного загрязнения, а также анизотропность движения поллютантов и их тип.

Ориентировочно убыль НП может быть представлена следующими цифрами: испарение – до 30 %; образование киров – до 20 % и т.д. Наибольшие ошибки при построении модели миграции связаны с недоучетом роли почвенного слоя. Константы распада НП определяются различными процессами, но преобладающая роль отводится биоразложению: $\lambda = n \cdot 10^{-2} \div n \cdot 10^{-3}$ м/сут. Это на несколько порядков выше, чем растворение ($\lambda = 3 \cdot 10^{-10} \div 3 \cdot 10^{-9}$ м/сут.) и испарение (от $5,4 \cdot 10^{-6}$ для бензинов до $2,4 \cdot 10^{-8}$ м/сут. для дизельного топлива). Если рассматривать по отношению к естественной убыли конечные формы линзы на уровне грунтовых вод, то в среднем она составляет 2-3 см/год. В принципе, это интегральный показатель деградации НП в зоне насыщения.

Еще одна проблема – отсутствие надежных методик экстракции (для алифатических УВ может составлять 85 %, для ароматических – всего 20) и их идентификации по признакам природного и антропогенного

генезисов [3]. При оценках загрязнения ПАУ компонентов ландшафтов применяется индекс «техногенности» – соотношение суммы пирена с флуорантеном (они имеют преимущественно техногенное происхождение) к сумме хризена с фенантеном (имеют природный генезис). При значении более 0,5 в составе техногенных соединений преобладают пирогазовые ПАУ. Предложенное соотношение чрезмерно примитивно и дает большие погрешности при идентификации истинно техногенных УВ и природных. Отсюда – отсутствие адекватных методик оценки экологических последствий НП-загрязнений [4]. Необходима разработка системы надежных индикаторов с учетом трансформации НП и образования новых форм соединений с природными субстратами, с оценкой их токсичности и времени существования в компонентах ландшафтов [5, 6].

Нефть в естественных условиях трансформируется по схеме: преобладание метано-нафтеновой фракции (алканы, нафтены, спирты, окиси, простые эфиры) → преобладание нафтено-ароматических соединений (соединения серы, галогенов, азота, эфиры, тиолы) → преобладание смолисто-асфальтеновой фракции (ПАУ и их производные – оксихиноны и фталаты). Существенными факторами трансформации УВ являются наличие в почвах заторфованности, степени гумификации, кислотность почв; ухудшение аэрации (в первую очередь горизонта А), смена окислительно-восстановительных условий, изменение морфологических, физико-химических и микробиологических свойств и биодegradация (10-90%) вплоть до полной деградации с невозможностью развития растительности. В результате образуются побочные продукты биодegradации УВ – спирты, альдегиды, карбоновые кислоты (алифатические, алициклические, ароматические и др.). При разливе нефти на торфяных почвах наблюдалось следующее распределение загрязнений:

на глубине 5–7 см – продукты окисления битумоидов: неактивные смолисто-асфальтеновые вещества;
 далее 5–10 см - тяжелые парафиновые и маслянистые соединения;
 далее до 10 см – легкие парафины, полиароматические соединения;
 глубина 30–60 см, в отдельных случаях – до 120 см (дерново-слабоподзолистые почвы на суглинках, карбонатные) – бензино-керосиновая фракция.

Продукты трансформации НП необходимо рассматривать как стойкие органические соединения (СОЗ), объединенные в самостоятельную группу ксенобиотиков, приоритетными свойствами которых являются токсичность, персистентность, высокая миграционная способность и кумулятивность. Список канцерогенных ПАУ не исчерпывается хризеном и бенз(б)флуорантеном, он также включает бенз(к)флуорантен, бенз(а)пирен, дибенз(а, h)антрацен, бенз(г, h, i)перилен и др. Кроме индекса «техногенности» для определения соединений ПАУ техногенной природы (в большей степени соединений-продуктов сжигания нефти) применяют индекс «пирогенности» – отношение концентраций флуорантена к сумме концентраций флуорантена и пирена. О степени токсичности ПАУ судят по концентрациям бенз(а)пирена или используют специальный индекс токсиканцерогенной активности (Т):

$$T_{\Sigma \text{ПАУ}} = \sum_{i=1}^N K_{\text{ПАУ}_i} \times C_{\text{ПАУ}_i},$$

где $K_{\text{ПАУ}_i}$ – коэффициент токсичности i-го ПАУ относительно бенз(а)пирена; $C_{\text{ПАУ}_i}$ – массовая концентрация i-го ПАУ в объекте, мг/л или мг/100 г почвы или грунта.

При этом относительную опасность ПАУ по сравнению с бенз(а)пиреном (в долях токсического действия) оценивают следующим образом: дибенз(а, h)антрацен – 1; индено(1,2,3с,с)перилен – 0,1; бенз(б)флуорантен – 0,1; бенз(к)флуорантен – 0,1; бенз(г, h, i)перилен – 0,01; хризен – 0,01; антрацен – 0,01; пирен – 0,001; флуорантен – 0,001; фенантрен – 0,001.

Многообразие свойств НП обусловлено, с одной стороны, их высокой распространенностью, с другой – активнейшим биогеохимическим потенциалом. Распространение индексов Т на все компоненты ландшафтов не всегда обосновано. Так, для водной среды концентрации бенз(а)пирена будут минимальны в силу его низкой растворимости. Другие индивидуальные соединения обладают гораздо большей растворимостью и, несмотря на низкое значение К, за счет массы могут создать эффект токсичности. А с учетом сложности механизмов накопления данных веществ в организмах универсальность индекса вообще ставится под сомнение.

Разработана многокомпонентная модель миграции НП, с выделением преобладающих процессов трансформации. Предложено 4-зональное строение верхней части разреза с учетом форм нахождения НП, индикаторов индивидуальных соединений (ПАУ) и процессов естественного фракционирования. Этот подход необходимо использовать и в практике мониторинга: до настоящего времени из сотен ПАУ различного строения, обнаруженных в природных средах, в России активно используется практически одно (бенз(а)пирен), в ЕС – 6 соединений, в США – 16.

Выделены основные стадии трансформации в воздушной, почвенной, породной, водной и фитосредах с соответствующей идентификацией аэро-, педо-, лито-, аква- и фитобитумоидов. Для каждой разновидности выделены геохимические маркеры, отражающие присутствие соответствующего комплекса «УВ ↔ компонент среды». Они отражают конечные продукты окисления и биоразложения диффузии, сорбции в соответствующих средах.

Литература

1. Хаустов А.П., Редина М.М. Экологические проблемы оценки образования нефтешламов при авариях// Экологический вестник России, 2011, №7. С. 24-30; № 8. С. 34-39.
2. Хаустов А.П., Редина М.М. Охрана окружающей среды при добыче нефти. М.: Изд-во «Дело», 2006. – 544 с.
3. Хаустов А.П., Редина М.М., Луценкова Е.О. Проблемы оценки трансформации углеводородных

- загрязнений при аварийных разливах// Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе, 2011, №6. С. 8-13.
- Хаустов А.П., Редина М.М., Калабин Г.А. Проблемы формирования качества пресных подземных вод при углеводородном загрязнении/ «Питьевые подземные воды. Изучение, использование и информационные технологии». Мат-лы междунар.науч.-практ.конф. 18-22.04.2011 г.). Часть 3. – Моск. обл., п. Зеленый: ВСЕГИНГЕО, 2011, с. 17-33.
 - Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. – М.: МГУ, 1993. 207 с.
 - Нефть и окружающая среда Калининградской области. Т.1. Суша/ Под ред. Ю.С. Каждомя и Н.С. Касимова. Калининград: Янтарный сказ, 2008. – 360 с.

УДК 631.4

ЛИТОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ СЛИТОГЕНЕЗА (ВЕРТИГЕНЕЗА) В ПОЧВАХ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНЫХ ОБЛАСТЕЙ

Н.Б. Хитров (1), Ю.И. Чевердин (2), Н.П. Чижикова (1), Л.В. Rogovneva (1)

(1) Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, Москва, e-mail: khitrov@agro.geonet.ru;

(2) Воронежский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Россельхозакадемии, Таловая, e-mail: cheverdin@box.vsi.ru

Вертисолы распространены во многих регионах Мира [1-5]. Они развиты на глинистых породах с высоким содержанием смектитов в условиях контрастных климатических колебаний увлажнения и иссушения почв. Для вертисолов характерно сильное набухание при увлажнении, сильная усадка с образованием глубоких трещин при иссушении и боковые сдвиговые деформации почвенной массы, приводящие к образованию разнонаправленных поверхностей скольжения, клиновидных структурных элементов и иногда микрорельефа гильгай.

Сведения о почвах с признаками слитогенеза (вертигенеза) в степных районах центрально-черноземных областей (ЦЧО) России практически отсутствуют.

Цель настоящего сообщения – систематизация литолого-геоморфологических и геохимических условий ареалов почв, имеющих признаки слитогенеза (вертигенеза), которые были выявлены в ходе маршрутно-ключевых исследований в ЦЧО в 2006-2011 гг.

Методы исследования. Для поиска ареалов почв, имеющих признаки слитогенеза (вертигенеза), были проведены маршрутно-ключевые исследования на территории Белгородской, Воронежской и Волгоградской областей. Маршрут спланирован на основе информации о распространении и стратиграфическом положении глинистых пород с высокой долей смектитовых минералов, а также имеющейся информации о почвенном покрове по данным карт разного масштаба и собственным наблюдениям в предшествующие годы. Ключевые участки представляют собой топо-лито-катены или площадные полигоны с заложением почвенных разрезов, инструментальной съемкой рельефа и регистрацией географических координат с помощью приемника GPS. При исследовании почв использовали морфологический анализ строения почвенного профиля, минералогический анализ глинистых минералов и аналитическую характеристику традиционными методами.

Объекты исследования. На территории ЦЧО выявлено 35 ареалов почв, имеющих признаки слитогенеза (вертигенеза). На данный момент эти ареалы охарактеризованы 81 почвенным разрезом. Все выявленные ареалы расположены между 49 и 51,5 градусом северной широты в Волгоградской, Воронежской и Белгородской областях.

Результаты и обсуждение. Выявленные ареалы представлены темными слитыми почвами и подтипами «слитизированных» разных типов почв (по классификации почв России, 2004). Выявленные почвы представляют все градации (с 1 по 6) степени слитогенеза [6].

В ЦЧО почвы, имеющие признаки слитогенеза, приурочены к следующим четырем ландшафтным ситуациям: (1) замкнутым западинам на водоразделах с многослойным плащом четвертичных глин, (2) днищам ложбин на пологих склонах с незасоленными четвертичными глинами, (3) ложбинам на склонах с засоленными глинами четвертичного возраста, (4) ступенеобразным поверхностям с выходами палеоген-неогеновых морских глин.

На широких плоских водораздельных пространствах среди черноземов к днищу глубоких (около 1 м) замкнутых западин приурочены ареалы черноземов глинисто-иллювиальных квазиглеевых элювирированных слитизированных. Почвенный профиль дифференцирован по гранулометрическому составу за счет исходной литологической неоднородности лессовидных четвертичных отложений озерно-болотного происхождения, выщелачивания карбонатов до глубины 130-195 см и частичного иллювирирования глины из верхней части профиля в среднем. Тяжелый суглинок с 70-90 см подстилает глинистый слой, содержащий значительную долю смектитовых минералов в составе илистой фракции. Замкнутая вогнутая форма микрорельефа и гранулометрическая дифференциация профиля вызывают сезонное почти ежегодное затопление почвы на 1-2 месяца. В пределах верхнего тяжелосуглинистого слоя сформировался темногомусовый горизонт AU, нижняя часть которого приобретает признаки элювирирования. А над глинистой частью профиля образовался гор. BELg за счет сезонного оглеения. Залегающий ниже легко- среднеглинистый горизонт совмещает в себе признаки трех диагностических горизонтов вместе: глинисто-иллювиального гор. VI, квазиглеевого гор. Q (не имеющего карбонатов) и слитого (вертикового) гор. V. Глубже расположен карбонатный гор. BCsa,mc,q.

Другая группа слитизированных почв приурочена преимущественно к днищам широких ложбин, расположенных на пологих склонах, сложенных четвертичными озерными, ледниковыми и делювиальными

отложениями, включающими глинистые слои с высокой долей смектитовых минералов. Сосредоточение поверхностного стока в ложбинах и низкая водопроницаемость глин, залегающих на глубине менее 1-1,5 м, вызывают сильное длительное переувлажнение и частичное выщелачивание карбонатов. Внешним индикатором ареалов слитизированных почв часто (но не всегда) оказывались заросли тростника. Глубокое иссушение профиля происходит в засушливые годы в многолетнем режиме. Черноземы глинисто-иллювиальные квазиглееватые или квазиглеевые и гумусово-квазиглеевые слитизированные почвы могут образовывать серию прерывистых ареалов в соответствии с литологическим строением территории и выходом слоев набухающих глин на разных участках общего склона вдоль тальвега ложбины, либо единый ареал по наличию признаков слитогенеза, который может быть представлен двумя или тремя соприкасающимися элементарными почвенными ареалами разных почв. Прерывистые ареалы имеют протяженность вдоль тальвега ложбины от 4-10 м до 30-60 м. Единые ареалы слитизированных почв могут быть вытянуты на 0,6-1 км.

Третью группу образуют ареалы слитизированных почв, развитых в солонцовых комплексах. Как правило, они приурочены к слабозасоленным глинам палеоген-неогенового или четвертичного возраста, которые обнажаются на поверхности днищ, пологих бортов ложбин и лощин, а также относительно выровненных слабонаклонных участках общего склона, примыкающих к этим ложбинам и лощинам. Присутствие натриевых солей способствует формированию физико-химических условий солонцового процесса (повышенное содержание обменного натрия в почве на фоне низкой общей концентрации солей в почвенном растворе и часто щелочная реакция среды), которые способствуют усилению набухания и усадки глинистых минералов и в целом глинистого слоя [6]. В результате в таких почвах слитогенез и солонцовый процесс происходят совместно, что раньше отмечалось для почв Центрального Предкавказья, а также в Канаде и в Австралии. Среди исследованных почв ЦЧО, имеющих признаки слитогенеза, 13 разрезов представлены солонцами темными и 14 разрезов – солонцеватыми подтипами разных почв. Следует обратить внимание, что одним из эффективных приемов поиска слитизированных почв в ЦЧО оказалось обследование ареалов распространения солонцовых почв, приуроченных к выходам глин.

Четвертая группа преимущественно темных слитых квазиглеевых солончаковатых почв ЦЧО приурочена к выходам элювия зеленых палеоген-неогеновых набухающих глин морского происхождения, которые образуют ступенеобразные слабонаклонные возвышенные поверхности, слабо расчлененные едва заметными ложбинами.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проекты № 06-04-08323, 08-04-01195, 11-04-00710

Литература

1. Dudal R. Dark clay soils of tropical and subtropical regions // Soil Sci. 1963. Vol. 95. № 4. P. 264-270.
2. Быстрицкая Т.Л., Тюрюканов А.Н. Черные слитые почвы Евразии. М.: Наука. 1971. 255 с.
3. Wilding L.P., Puentes R. (eds.) Vertisols: Their Distribution, Properties, Classification and Management. Texas A&M University Printing Center, College Station, Texas, 1988 .
4. Ahmad N., Mermut A. (eds.) Vertisols and Technologies for Their Management // Developments in soil Science, 24. Amsterdam: Elsevier, 1996. 549 p.
5. Anderson D. Vertisolic Soils of the Prairie Region // Prairie Soils and Crops Journal, 2010, v. 3. p. 29-36.
6. Хитров Н.Б. Генезис, диагностика, свойства и функционирование глинистых набухающих почв Центрального Предкавказья. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2003. 505 с.

УДК 631.4

ИЗМЕНЕНИЕ ЗАПАСОВ ПЕДОГЕННОГО УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ РАСПАШКИ В СРЕДНЕРУССКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

О.С. Хохлова (1), Т.Н. Мякшина (1), Ю.Г. Чендев (2)

(1)Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пуцино, e-mail: akhokhlov@mail.ru; (2) Белгородский государственный университет, e-mail: sciences@mail.ru

При рассмотрении изменения баланса углеродного пула в зависимости от типа и длительности агроиспользования в почвах России обычно учитывается только органический углерод, хотя имеется немалая группа почв, расположенных в семиаридных и аридных регионах, в которых значительные трансформации претерпевает и карбонатный пул. В своей недавней работе М.А. Глазовская [1] предлагает объединять углерод гумуса и почвенных карбонатов понятием «педогенный» углерод и приводит данные, согласно которым аккумулятивные функции педосферы в отношении углерода карбонатов в субаридных и аридных регионах Евразии сопоставимы с таковыми для гумуса. Следовательно, для почв, содержащих запасы углерода в своем профиле не только в виде гумуса, но и карбонатов, невозможно понять баланс педогенного углерода без рассмотрения его карбонатных форм. Целью данной работы является исследование динамики запасов педогенного углерода в почвах различной длительности распашки и типах агроиспользования в лесостепной зоне на примере юга Среднерусской возвышенности (Белгородская и Воронежская обл.).

Объектами исследований явились ряды, в которых почвы в течение известного времени (100-150-220 (240) лет) подвергаются распашке (Белгородская обл., 5 агрохронорядов) и различным по интенсивности воздействиям: монокультура, севооборот, черный пар в течение 50 лет (Воронежская опытная станция ВНИИ кукурузы). Рассмотрены варианты либо без внесения удобрений (Воронеж), либо слабо окультуренные, где дозы ежегодного внесения навоза никогда не превышали 4 т/га (Белгород). Фоновыми целинными аналогами всех этих почв являются (темно-) серые лесные почвы под широколиственными лесами. На основе изучения профильного

распределения органического (Сорг) и карбонатного углерода (Скарб) и определения плотности почв рассчитаны их запасы отдельно и суммарного (педогенного) углерода в целом, в слоях 0-50, 50-100, 100-150, 150-200 см.

Наиболее общая выявленная закономерность: после распашки во всех рассмотренных объектах запасы педогенного углерода либо не уменьшаются по сравнению с фоновыми (лесными) почвами либо растут на 15-30% (до 50%), в основном, за счет Скарб.

В пяти объектах Белгородской области в агропочвах с длительностью распашки 100 и 150 лет по сравнению с лесными нераспаханными почвами выявлено убывание запасов Сорг на 5-10%, тогда как после 220(240) лет распашки отмечается рост запасов на 5-15%, в основном, за счет их прироста во втором полуметре. В агрочерноземах опытной станции ВНИИ кукурузы (Воронеж), где длительность распашки составляет более 300 лет, запасы Сорг выше, чем в фоновой серой лесной почве примерно на 30%, в основном, за счет его прироста в слое 50-100 см. Необходимо отметить, что последний случай является исключением, и такой значительный прирост связан, по нашему мнению, с соблюдением всех правил агротехники в условиях опытной станции и отсутствием эрозии за счет исключительно выровненного геоморфологического положения полей. В целом, увеличение запасов Сорг в агропочвах с длительностью распашки более 200 лет происходит в результате «очерноземливания» исходно (темно-) серых лесных почв [2].

Запасы Скарб сильно различаются в фоновых темно-серых лесных почвах изученных объектов и составляют от 0(2) (объект Мелехово, типичная лесостепь) до 250 т/га (объект Самарино, граница лесостепи и степи; оба объекта расположены в Белгородской обл.) в двухметровой толще почвенного профиля. В последнем случае эти запасы превышают таковые для Сорг на 150-200 т/га. Во всех рассматриваемых объектах при распашке запасы Скарб растут за счет подтягивания карбонатов из нижних горизонтов почвы или почвообразующей породы. В основном, карбонатами обогащается нижний метр агропочв, в отдельных случаях карбонаты выявляются и во втором полуметре от поверхности. Если в связи с длительностью распашки запасы Сорг растут незначительно, то запасы Скарб увеличиваются резко – на 25-35% после 100(150) лет распашки. А если начальные запасы в лесной почве составляют величины, близкие к нулю (объект Мелехово), то в пахотных почвах происходит увеличение запасов в 35-40 раз, хотя при этом сохраняется порядок цифр, выраженных в т/га. Во всех изученных объектах увеличение запасов Скарб в пахотных почвах со 100 (150)-летней историей распашки по сравнению с лесными укладывается в интервал от 50 до 100 т/га, снижаясь примерно на 10-15 % в агропочвах, распаханых 220(240)-300 лет.

Некоторую информацию для понимания механизмов обогащения педогенным углеродом пахотных почв, функционировавших до распашки под лесными экосистемами, дает рассмотрение вариантов длительного опыта ВНИИ кукурузы (Воронеж), где на полях площадью 1 га в исключительно выровненных и однородных автономных плакорных условиях с 1960 г. проводят выращивание монокультуры (кукуруза) – одно поле, ведется десятипольный севооборот с обязательным (один раз в четыре года) чистым паром – три поля, а между полями оставлен участок в два прохода трактора, где поддерживается черный пар. Почвенные разрезы были заложены на расстояниях пяти метров друг от друга.

Самые большие запасы Сорг наблюдались в варианте с выращиванием монокультуры кукурузы за счет их значительного прироста в толще 50-100 см и чуть меньше – в 0-50 см по сравнению с почвой 10-польного севооборота. Как известно, корневая система кукурузы – одна из самых мощных среди выращиваемых с-х культур в средней полосе России, а отмирание корней – наиболее важный источник поступления органических остатков в профиль агропочв. Даже под черным паром за 50 лет не только не произошло достоверного уменьшения запасов Сорг по сравнению с лесным разрезом, но эти запасы несколько превышают таковые в почве под лесом. Здесь необходимо иметь в виду, что перед тем, как на опытных полях в течение последних 50 лет ведется опыт, эти поля распаханались не менее 200 лет, поэтому даже на участке с черным паром мы имеем дело со старопашотным аналогом серой лесной почвы, который в настоящее время идентифицируется как чернозем [3]. При этом в почве под паром наблюдалось максимальное обогащение профиля почвы Скарб, а видимые формы карбонатов зафиксированы в самых близких к поверхности почвенных горизонтах (на глубине 60-70 см против 100-120 см в варианте с кукурузой). По запасам Скарб в двухметровой толще образовались пары разрезов под лесом и кукурузой, с одной стороны, и паром и севооборотом, с другой (соответственно, 50 и 60 т/га против 240 и 200 т/га; последние цифры сопоставимы с запасами Сорг). Очевидно, для подтягивания карбонатов наиболее благоприятные условия складываются на поле без растительного покрова, когда возникает максимальный градиент температур между сильно прогретой летом поверхностью и глубокими слоями почвы, откуда карбонаты движутся вверх. Такие условия возможны ежегодно на участке под черным паром и один раз в четыре года – в севообороте, когда наступает очередь чистого пара. В общем, агрочерноземы станции, имеющие самую длительную историю распашки среди рассматриваемых в данной работе объектов, наиболее значительно отличаются по запасам педогенного углерода от фоновой темно-серой лесной почвы, как мы полагаем, из-за наиболее «далеко зашедшего» процесса очерноземливания и соблюдения всех необходимых норм ведения «правильной» агротехники.

Поэтому, резюмируя, можно утверждать, что недоучет карбонатного пула в агропочвах лесостепи (переход от леса к «агростепи») может вести к существенному занижению оценки запасов педогенного углерода в них.

Литература

1. Глазовская М.А. Педолитогенез и континентальные циклы углерода. М.: Книжный дом «Либроком», 2009. 336 с.
2. Чендев Ю.Г. Эволюция лесостепных почв Среднерусской возвышенности в голоцене. М.: ГЕОС, 2008. 212 с.

3. Стулин А.Ф. Влияние длительного применения удобрений в бессменном посеве кукурузы на ее продуктивность и вынос элементов питания на черноземе выщелоченном //Агрохимия. 2007. №1. С. 25-30.

УДК 911.2:550.4(470.311)

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЛАНДШАФТАХ МОРЕННЫХ РАВНИН

М.А. Хрусталева

МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, e-mail: mnrhr@rambler.ru

Ландшафтно-геохимические процессы изучались в Московской и Смоленской физико-географических провинциях подзоны хвойно-широколиственных лесов с дерново-подзолистыми почвами.

Цель исследований заключалась в выявлении пространственно - временных закономерностей геохимических процессов, происходящих в компонентах ландшафтов с учетом деятельности человека. Изучение их велось методом сопряженного ландшафтно-геохимического анализа в компонентах шести видов современных природных и антропогенных ландшафтов: лесных, луговых, антропогенных, гидроморфных, трансаквальных и аквальных с отбором проб, а затем их химическим анализом.

В настоящее время в связи с урбанизацией, индустриализацией, химизацией сельского хозяйства, аэральными выбросами элементов-загрязнителей, особенно из выхлопных труб автомобильного транспорта; топков-котелен, ТЭЦ, промышленных, нефтехимических и нефтеперерабатывающих предприятий (как, например, НПЗ в Капотне) Ухудшают экологию в ландшафтах автозаправочные станции, строительные площадки, а также мусороперерабатывающие предприятия, незадернованные почвы, внесение на поля минеральных, органических удобрений (обогащенных азотом и фосфором), стоки от которых весной поступают в водохранилища питьевого водоснабжения, способствуя развитию в них процессов эвтрофикации. Поступают элементы в поверхностные воды с бытовыми стоками, обогащенными поверхностно-активными веществами (ПАВ), стоками от животноводческих (содержащие азот до 5 кг/т, фосфор до 3 кг/т, калий до 6 кг/т и микроэлементы: Pb, Cu, Zn, As), птицеводческих, свиноводческих комплексов, различных свалок, при добыче полезных ископаемых, применения противогололедных реагентов (CaCl₂ и его модификация — ХКМ-БС), мелкогабаритной щебенки, мраморной крошки, муравьиной кислоты, зимой 2012 г; рекреации, дачного строительства, особенно, в водоохраных зонах водоемов с историческими памятниками: Бородинское поле и Вавиловские опытные поля ТСХА.

Велика роль в ландшафтно-геохимических процессах атмосферной, водной, биогенной миграции в тесном взаимодействии с антропогенным фактором. Первое место среди загрязнителей атмосферы занимает автомобильный транспорт, число которого в столице и регионе достигает 7 млн., из них 2 млн. 800 тыс. приходится на регион. Загрязняют приземные слои атмосферы выбросы автотранспорта (состав которых обусловлен качеством топлива, режимом работы двигателя), содержащие токсичные ароматические углеводороды (ПАУ), бенз@пирен, окись углерода (монооксид СО), двуокись углерода (СО₂), окислы азота (NO, NO₂), диоксид серы (SO₂). Серная кислота подкисляет атмосферные осадки, способствуя образованию в почвах поллютантов (Cu, Cr, Zn, Pb, Co, Hg) и подвижного алюминия. Концентратором химических элементов является снег. По химическому составу он гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-магниевый. Снег ландшафтов водосбора концентрировал больше элементов (Pb, Sr, Ba, Cr, Ni, As), чем таковой, отобранный с поверхности льда рек и водохранилищ. Содержание в нем элементов (Pb, Sr, Ba, Cr, Ni, As) было больше по сравнению со льдом, отобранным с поверхности льда рек и водохранилищ. Лед водоемов меньше (в 1,3-1,5 раза) обогащен элементами, чем снег и дождь. Снег с подветренных сторон ТЭЦ аккумулирует токсичные (Pb, Mo, Sb, Zn, As, Cd, Se, B, Co, Cu, Sr, Ba, Ag, Sn) элементы в количествах, превышающих их величины с наветренной. Вынос элементов из ландшафтов обусловлен климатическими (зональными) и агрофоном (азональными) факторами. Преобладающей формой выноса общего азота в водах ландшафтов антропогенных катен весной была минеральная (2,06 кг/га), а при выносе фосфора господствовала органическая (рис. 1).

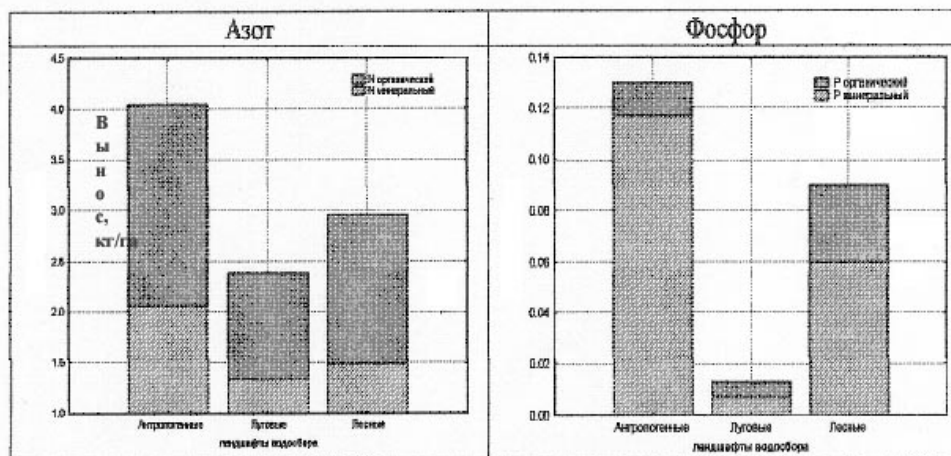


Рис. 1. Вынос из ландшафтов водами временных водотоков весной минеральных и органических форм азота и фосфора

Для улучшения здоровья населения Правительством Москвы принята программа «Чистая вода» на период 2009-2012 гг. и в перспективе — до 2020 г. в которой предусматриваются инновации по проведению обезвреживания воды при помощи современного реагента — гипохлорида натрия (менее токсичного, чем хлор) вместо жидкого хлора с перспективой его применения с 2011 г. на всех водопроводных станциях столицы. Для улучшения экологии и решения транспортных проблем весь отечественный транспорт будет современно оборудован и заправлен топливом, соответствующим стандарту Евро-4, а покупаемый в 2012 г. — Евро-5. В пробках автомобилисты проводят по 11 часов в месяц. Для их ликвидации строят Алабяно-Балтийский тоннель, переходы, эстакады-съезды, развязки, парковки. Для безопасности и управления транспортом в столице с 2011 г. началась разработка интеллектуальной транспортной системы (ИТС) на 2012-13 гг. В 2011 г. выделено 90 км спецполос для общественного транспорта.

Геохимические процессы активно происходят в дерново-подзолистых почвах антропогенных ландшафтов. Ухудшение свойств и структуры почв происходит в результате изменения процессов почвообразования — окультуривания, подтопления. Окультуривание обусловлено распашкой, следствием которой является эрозия, деградация, что ухудшает их экологическое состояние. Применение тяжелой техники приводит к уплотнению, загрязнению почв нефтепродуктами, мазутом. Создание в трансаквальных ландшафтах гидротехнических барьеров с образованием водохранилищ приводит к подтоплению и затоплению почв, изменению рН-еН и в целом физико-химических процессов, что приводит к обогащению затопленных почв с удалением от берега закисными (до 209 мг/100 г) формами железа и кислотно-растворимым (до 14 мг/100 г) марганцем.

Антропогенные преобразования претерпевают современные почвы городских ландшафтов, которые формируются под влиянием градостроительства, индустриализации, интенсивной урбанизации, что способствует образованию урбаноземов, техноземов. Распространение загрязнения в г. Москве зависит от расположения промышленных предприятий, числа автомашин, площади зеленых насаждений. Почвы в городе захламлены, переуплотнены, а в верхних горизонтах их выявлено много строительно-бытового мусора. Существенную роль (до 90%) в загрязнении почв города играют тяжелые (Pb, As, Cu, Zn, Ni, Hg, Cd, Sb) металлы. Почвы подщелачиваются, теряют гумус, ухудшаются в них физико-химические свойства. Антропогенные процессы почвообразования в городе преобладают над естественными. Снижение токсичности различных химических соединений в почвах происходит за счет буферных свойств. Почва является геохимическим барьером в задержании и обезвреживании химических элементов.

Многочисленные данные химического анализа были обработаны с помощью многомерного (кластерного и факторного) анализа (рис. 2, 3).

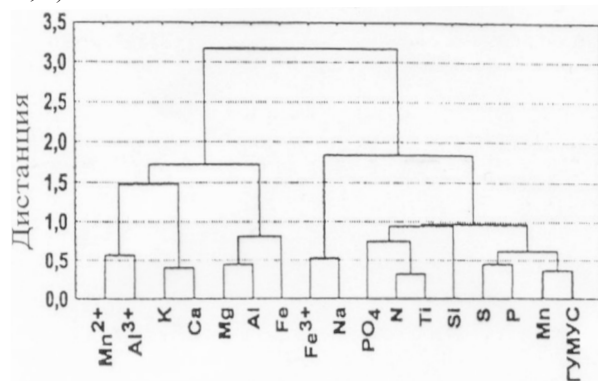


Рис. 2. Дендрограмма групп-кластеров

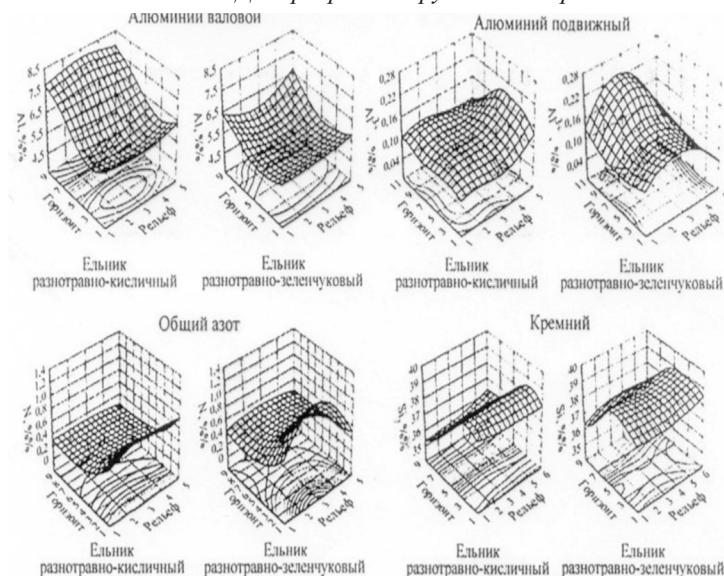


Рис. 3. Содержание некоторых характерных элементов в почвах двух лесных катен по горизонтам почвенных профилей

Кластерный анализ применялся для выявления временной изменчивости состава почв по основным типам совместного распределения элементов и определения степени сходства и различия, а для установления взаимосвязи и зависимости между химическими элементами в компонентах ландшафта использован факторный анализ. Методом Варда с коэффициентом взаимного сопряжения Пирсона проведена группировка 17 элементов, обнаруженных в почвах катен, по определению степени сходства и различия, объединения их в 6 групп-кластеров (рис. 2), которые изображены в виде дендрограммы. Она отражает временные изменения содержания элементов в почвах. РН_{водн. и солев.} почв ландшафтов изменялся, соответственно, от 4,0-4,5 (автономные елово-широколиственные на дерново-среднеподзолистых почвах) до 7,1-7,9 (разнотравные ассоциации луговых супесчаных низких пойма). Дерновые горизонты почв обогащены N, P, K, а иллювиальные – Fe, Mn. Много в почвах катен выявлено Si (рис. 3). Отмечен рост валовых форм Al в почвах лесных катен ельника разнотравно-кисличного. Подвижный Al больше концентрируют почвы ельника разнотравно-зеленчукового в связи с кислыми условиями среды. Следует заметить, что коэффициент корреляции Al обменного и подвижного велик (до 0,7).

Следовательно в результате проведенных полевых и экспериментальных исследований компонентов ландшафта выявлены и изучены закономерности геохимических процессов, происходящих в них, определены уровни содержания химических элементов, определены параметры, пути их миграции и аккумуляции с рекомендацией разработки инноваций в промышленности по обезвреживанию выбросов, стоков для создания системы режимного эколого-биогеохимического мониторинга.

УДК 574.4

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО КРУГОВОРОТА ^{137}Cs и ^{40}K В АГРОЛАНДШАФТАХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ

О.Б. Цветнова, А.И. Щеглов

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: tsvetnova@mail.ru

В 1976 году вышел сборник материалов VII пленума СКОПЕ, в котором впервые были рассмотрены проблемы биологического круговорота веществ (БК) и его нарушения под влиянием хозяйственной деятельности человека. В работах В.А. Ковды, М.А. Глазовской, А.И. Перельмана, Л.А. Гришиной, Т.И. Евдокимовой и других, представленных в данном сборнике [1], было суммировано современное состояние знаний о круговороте наиболее важных химических элементов и токсических веществ в биосфере. Данная публикация явилась определяющей при постановке исследований по БК техногенных радионуклидов, которые приобрели особую актуальность после радиационной аварии на Чернобыльской АЭС (1986 г.). В РФ в результате этой аварии 3373 тыс. га земель сельскохозяйственного назначения подверглось радиоактивному загрязнению. Основным лимитирующим фактором в данных условиях были не только уровни загрязнения, обуславливающие дозовые нагрузки от внешнего облучения, но возможность получения продукции с содержанием радионуклидов, не превышающим ПДК. Соответственно главные усилия в агрофере с первых дней после аварии на ЧАЭС были направлены на снижение их поступления в продукцию растениеводства и животноводства. В результате проведения комплекса защитных мероприятий уже через несколько лет после аварии загрязнение сельскохозяйственной продукции значительно снизилось и в настоящее время оно не превышает уровней, регламентируемых нормативными документами [2]. Вместе с тем, большой период полураспада ^{137}Cs (30 лет) неизбежно предопределяет длительный период его вовлечения в БК, что может приводить к дополнительным дозовым нагрузкам на население за счет потребления загрязненной продукции. Все это обуславливает необходимость выявления особенностей БК радионуклида в посевах сельскохозяйственных культур в отдаленный период после чернобыльских выпадений и оценки современного характера структуры полей загрязнения почв агроландшафтов. Последнее определило цель настоящих исследований, которые проводились в 2005-2011 гг. на территории Плавского района Тульской области. Объектом исследований послужил участок агроценоза с посевами яровой пшеницы (сорт Московская-39), расположенный на слабопологой вершине межбалочного водораздела на темно-серых лесных почвах. Здесь проводилось изучение загрязнения почв естественными и техногенными радионуклидами (^{40}K и ^{137}Cs) и показателей биологического круговорота этих элементов по методикам, традиционно принятым в области БК веществ, а также использовавшихся нами ранее при оценке исследуемых параметров на начальных этапах после чернобыльских выпадений [3,4].

Проведенные исследования показали, что по данным на 2005 г., суммарная плотность загрязнения почв (0-20 см слой) по ^{137}Cs составила 163 кБк/м². Этот показатель близок к пределу, при котором ведение сельскохозяйственного производства регламентируется нормативными документами - 185 кБк/м² (5 Ки/км²) [5]. Анализ пространственной неоднородности удельной активности и запасов ^{137}Cs в пахотном 0-20 см слое почв свидетельствует, что они невелики и мало меняются с глубиной. Коэффициент варьирования данного показателя не превышает 10%. Отмеченный характер варьирования показателей содержания ^{137}Cs в основном обусловлен технологией ведения сельскохозяйственного производства. Удельная активность и запасы естественного радионуклида ^{40}K соответствуют природным характеристикам содержания калия в почвах данного региона. Общие запасы ^{40}K в пахотном горизонте достигают 84.1 кБк/м², что примерно в 2 раза ниже, чем запасы ^{137}Cs . Это вполне закономерно, поскольку исследуемая территория подверглась значимому загрязнению в результате аварии на ЧАЭС. Вместе с тем по сравнению с ^{137}Cs показатели как удельной активности, так и запасов ^{40}K характеризуются несколько большей вариабельностью, что может быть обусловлено неоднородностью внесения калийных удобрений в эти почвы.

Анализ круговорота органического вещества в исследуемом агроценозе с посевами пшеницы показывает, что максимальное удерживание органического вещества в фитомассе (в абсолютных и относительных единицах) отмечается для монокультуры, при этом большая часть накопленной фитомассы отчуждается с урожаем (таблица 1).

Таблица 1

Круговорот органического вещества в агрофитоценозе

Растительность	Накапливается в фитомассе, ц/га/год	Отчуждается с урожаем		Поступает в почву с растительными остатками	
		ц/га/год	%	ц/га/год	%
Культурная	95,2	57,1	60,0	38,1	40,0
Сорная	1,79	0,52	29,1	1,27	70,9
Всего	96,99	57,62	59,4	39,37	40,6

Напротив, с сорной растительностью максимальное количество органического вещества (около 71%) поступает с растительными остатками в почву (засоренность посевов пшеницы незначительна, количество сорняков не > 5 шт./1м²). Однако это не сказывается на общих закономерностях БК органического вещества в исследуемом агроценозе, поскольку общая фитомасса сорняков незначительна.

Удельная активность ¹³⁷Cs в структурах урожая пшеницы не превышает 15 Бк/кг, основная товарная продукция (зерно) практически не содержит этого радионуклида, что, возможно, связано с дискриминированием накопления ¹³⁷Cs в структурах пшеницы и является результатом селекции культурных растений. По сравнению с пшеницей удельная активность сорняков более чем в 6 раз выше, что, по-видимому, обусловлено отсутствием дискриминирования в накоплении ¹³⁷Cs. В целом интенсивность БК ¹³⁷Cs в агроландшафтах на темно-серых лесных почвах лесостепи невелика. Нисходящий и восходящий потоки элемента примерно одинаковы: с урожаем культуры отчуждается 50,7%, с пожнивными остатками в почву поступает 49,3% запаса ¹³⁷Cs (таблица 2).

Таблица 2

Биологический круговорот ¹³⁷Cs и ⁴⁰K в агроценозе

Растительность	Накапливается в фитомассе, Бк/м ² /год	Отчуждается с урожаем		Поступает в почву с растительными остатками	
		Бк/м ² /год	%	Бк/м ² /год	%
Биологический круговорот ¹³⁷ Cs					
Культурная	7,56	3,83	50,7	3,73	49,3
Сорная	1,28	0,39	30,5	0,49	69,5
Всего	8,84	4,22	47,7	4,62	52,3
Биологический круговорот ⁴⁰ K					
Культурная	129,36	81,94	63,3	47,42	36,7
Сорная	8,26	4,48	54,2	3,78	45,8
Всего	137,62	86,42	62,8	51,20	37,2

В противоположность этому в составе сорняков доминирует поступление ¹³⁷Cs в почву с остатками и корнями растений (≈ 70%). Последнее приводит к тому, что в целом возврат ¹³⁷Cs в почву несколько превышает его отчуждение с урожаем сельскохозяйственной культуры (52,3% и 47,7% соответственно). Отсюда можно заключить, что в условиях радиоактивного загрязнения при увеличении засоренности посевов на градацию (0-5, 5-15, 15-40, > 40 шт./м²) поток ¹³⁷Cs с пожнивными остатками и корнями растений может увеличиться примерно в 2 раза.

Аналогичный анализ показателей БК ⁴⁰K свидетельствует, что, несмотря на меньшие запасы элемента в почве, его накопление в растительности превышает таковое ¹³⁷Cs. Это вполне закономерно, поскольку калий является элементом биофилом. При этом показатели круговорота ⁴⁰K отличаются от рассмотренных нами выше показателей БК ¹³⁷Cs. Так, с урожаем отчуждается большее, а соответственно в почву поступает меньшее количество ⁴⁰K (таблица 2). Правоммерно предположить, что достижение периода квазиравновесного состояния ¹³⁷Cs с его химическим аналогом калием, которое отмечается в настоящее время в почве, не сопровождается адекватным установлением квазиравновесия в показателях БК этих элементов. На фоне общих закономерностей в сближении показателей поступления в растительность и возврата в почву ¹³⁷Cs и ⁴⁰K этот период наступит на более продолжительное время.

Проведенные исследования в целом позволили заключить, что в отдаленный период после чернобыльских выпадений (25 лет) изменение плотности радиоактивного загрязнения почв Тульской области по ¹³⁷Cs определяется только радиоактивным распадом радионуклида. Вместе с тем динамика пространственного распределения ¹³⁷Cs в различных слоях почвенной толщи агроценозов нивелируется в результате проводимых сельскохозяйственных обработок, что приводит к снижению поступления ¹³⁷Cs в растения примерно в 2-2,5 раза. Биологический круговорот ¹³⁷Cs на темно-серых лесных почвах агроландшафтов лесостепи характеризуется незначительным доминированием нисходящих потоков элемента над восходящими ми. Эти различия на современном этапе в большей степени зависят от степени засоренности посевов сельскохозяйственных культур.

Литература

1. Биогеохимические циклы в биосфере. Материалы УП пленума СКОПЕ. М.: Наука, 1976. 356 с.
2. Санитарно - эпидемиологические правила и нормативы СанПин 2.3.2.1078-01 «Продовольственное сырье и пищевые продукты: гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов».
3. Базилевич Н.И., Титлянова А.А., Смирнов В.В. и др. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах. М.: Мысль, 1978.183 с.
4. Shcheglov A.I., Tsvetnova O.B., Klyashtorin A.L. Biogeochemical migration of technogenic radionuclides in forest ecosystems. М.: Nauka. 2001. 235 p.
5. Рекомендации по ведению сельского хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения территории в результате аварии на Чернобыльской АЭС на период 1991-1995 гг. М., 1991.

УДК 631.4

ЭВОЛЮЦИЯ АВТОМОРФНЫХ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ЛЕСОСТЕПИ В РЕЗУЛЬТАТЕ РАСПАШКИ

Ю.Г. Чендев (1), А.Л. Александровский (2), О.С. Хохлова (3), Е.А. Заздравных (1)

(1) Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, e-mail: Chendev@bsu.edu.ru; (2) Институт географии РАН, Москва, e-mail: alexandrovskiy@mail.ru; (3) Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пушкино, e-mail: alexkh1@sares-net.ru

Изучены агрохроноряды экстенсивно осваиваемых (с малыми дозами внесения органических удобрений) серых и темно-серых лесных почв на территории южной части лесостепи Среднерусской возвышенности. На основе использования комплекса разнообразных методов исследования, включающих радиоуглеродное датирование гумуса, установлены эволюционные изменения профилей на протяжении 230-летнего периода их распашки.

Результаты, полученные на всех ключевых участках, указывают на идущее во времени наращивание мощности гумусовых профилей пахотных серых лесных почв. Отмечено однонаправленное усиление во времени признаков зоогенной переработки (слепышами и червями) профилей пахотных почв. Структурно-агрегатный анализ почв всех исследованных агрохронорядов выявил тенденцию идущего во времени уменьшения размеров агрегатов и повышения коэффициента структурности, особенно заметного в слое 30-60 см. Данный процесс по мере увеличения возраста распашки захватывает все более глубокие слои профилей пахотных почв. При этом коэффициент водопрочности почвенной структуры слабо изменяется в верхней части почвенных профилей (слой 0-40 см) при его неизменности в нижней части; за 200 и более лет распашки в горизонте Апах происходит снижение значений данного показателя с 0,9-1,0 до 0,7-0,8. Вместе с тем в пахотных почвах продолжалось перераспределение ила, что становится особенно выразительным при сравнении свойств фоновых и старопашотных почв. В старопашотных почвах на всех ключевых участках обнаружены «новые» (отсутствующие в фоновых почвах) иллювиальные максимумы содержания ила непосредственно ниже пахотных горизонтов. Общей закономерностью выступает направленное подщелачивание почвенных профилей и возрастание емкости катионного обмена почв в пашнях все более давних сроков освоения. Фронт подщелачивания растянут по глубине в почвах агрохронорядов типичной лесостепи («Казачья Лисица», «Мелихово», «Поляна») и сжат в почвах агрохроноряда на границе лесостепной и степной зон («Самарино»). Групповой состав гумуса изменяется от фульватно-гуматного (Сгк:Сфк = 1,3-1,7) в естественных серых лесных почвах до гуматного в их старопашотных вариантах (Сгк:Сфк = 2,5-4,0).

Изменение качественного состава органического вещества по мере увеличения возраста земледельческого освоения серых лесных почв свидетельствует о смене направленности процесса гумификации в сторону усиления гуматности гумуса, что в большей степени свойственно черноземам. Эта особенность также подтверждается результатами морфогенетического и микроморфологического анализа почвенных профилей - по мере увеличения длительности распашки окраска пахотных и гумусовых горизонтов почв становится все более темной, в гумусово-глинистой плазме появляются сгустки темно-бурого и черного органического вещества (гумоны), которые можно рассматривать как агрегаты первого порядка черноземов. На всех изученных ключевых участках в метровой толще пахотных серых лесных почв нами не было выявлено снижения во времени запасов гумуса. На участке «Мелихово» в почве под лесом запасы гумуса составляют 255 т/га, тогда как в почве с возрастом распашки 230 лет – 307 т/га. Аналогичная тенденция выявлена на участке «Казачья Лисица – 191 и 212 т/га, соответственно. В почве под лесом на участке «Поляна» запасы гумуса составляют 268 т/га, тогда как в почве с возрастом распашки 150 лет – 287 т/га. На участке «Самарино» почвы идентичных условий характеризуются запасами гумуса в метровой толще, равными 176 и 203 т/га, соответственно. За всю историю земледельческого освоения изученных почв средняя по четырем ключевым участкам скорость роста запасов гумуса в метровой толще составила 1,6±0,3 т/га в 10 лет, а в слое 0-30 см - 1,57±0,5 т/га в 10 лет. Радиоуглеродное датирование верхней части гумусовых профилей почв демонстрирует омоложение гумуса верхних горизонтов пахотных почв по сравнению с фоновыми значениями за счет пополнения гумусового фонда свежим органическим веществом, образовавшимся в период распашки почв (табл. 1). При этом все изученные почвы осваивались при низких ежегодных дозах внесения органических удобрений (менее 6 т/га), поэтому установленный рост гумусированности пахотных серых лесных почв нельзя объяснить с точки зрения применявшихся на полях агрохимических мелиораций.

Радиоуглеродный возраст гумуса почв изученных агрохронорядов (данные Киевской радиоуглеродной лаборатории НАН Украины)

Угодье, горизонт, глубина	Лабораторный номер образца	Возраст гумуса, лет
Казачья Лисица		
Лес, А1, 0-10 см	Ki -17345	Современный
Лес, А1А2, 20-30 см	Ki -17346	2570 ± 90
Лес, А1А2Вth, 32-46 см	Ki -17347	5810 ± 120
Пашня 230лет, А пах, 0-10 см	Ki -17352	1270 ± 80
Пашня 230лет, А пах, 20-30 см	Ki -17353	1810 ± 80
Пашня 230лет, А1В, 40-50 см	Ki -17354	2220 ± 380
Поляна		
Лес, А1, 15-27 см	Ki -13876	1920 ± 70
Пашня 100 лет, Апах, 18-23 см	Ki -13879	1430 ± 50
Пашня 150 лет, Апах, 18-29 см	Ki -13883	1410 ± 60
Самарино		
Лес, А1, 0-10 см	Ki -17337	50 ± 60
Лес, А1А2, 20-30 см	Ki -17338	830 ± 60
Лес, ВtА2, 40-50 см	Ki -17339	2360 ± 140
Пашня 150лет, Апах, 0-10 см	Ki -17340	630 ± 60
Пашня 150лет, А1В, 20-30 см	Ki -17341	1050 ± 60
Пашня 150лет, ВА1, 40-50 см	Ki -17342	890 ± 180

Таким образом, по целому набору изменяющихся во времени свойств пахотных серых лесных почв можно констатировать улучшение во времени их агрономических качеств и трендовую направленность их трансформации в черноземы. При этом четко фиксируются два комплекса явлений, названных нами «комплексом радиальной» и «комплексом хаотично направленной» эволюционной трансформации почвенных профилей. Комплекс радиального преобразования почвенных свойств включает все изменения, вызванные вертикальным перемещением веществ. В пределах почвенного профиля – это его верхняя часть с нисходящим вектором миграции (усиление лессиважа, рост мощности гумусового горизонта), а также нижняя часть с восходящим вектором миграции (подтягивание карбонатов и оснований из материнской породы в почвенный профиль). Комплекс хаотичного преобразования почвенных свойств обусловлен усилением зоогенного перемешивания почвенной толщи и ее гомогенизацией. Однако следует отметить, что хаотические турбации - процесс гомогенизирующий, но только при его рассмотрении на уровне горизонтного строения профиля. На уровне морфонном, внутригоризонтном, это процесс дифференцирующий. По интенсивности протекания ряда почвообразовательных процессов в пахотный период существования серых лесных почв выявляется своеобразная эволюционная микрозональность почвенных профилей: наиболее интенсивно процессы вертикального перераспределения веществ происходят вблизи магистральных трещин: в верхней половине почвенных профилей вдоль указанных зон было обнаружено усиление лессиважа, тогда как в нижней половине профилей - усиление подтягивания суспензионного карбонатного материала.

Наряду с трендовыми изменениями во времени пахотных серых лесных почв, в них также отчетливо проявилась стадиальность агрогенной эволюции. Стадии определяются по замедлению во времени прироста мощности гумусоаккумулятивной части почвенных профилей, затуханию ряда других процессов (поверхностного оглеения, лессиважа), а также по особенностям преобразования верхней части карбонатного профиля, что было определено при микро- и субмикроморфологическом анализе почв. Переход из стадии начального агрогенного почвообразования в стадию старопашотного состояния серых лесных почв по большинству почвообразовательных процессов происходит через 100 лет после начала их сельскохозяйственного освоения. На основании морфогенетического, физического и химического анализа почв нами также было выявлено существование не просто климатической, но литолого-климатической почвенной зональности, которая проявляется в особенностях пространственного распределения признаков серых лесных почв. В более влажной и прохладной части лесостепи Белгородской области преобладающими почвообразующими породами выступают средние и тяжелые карбонатные лессовидные суглинки, тогда как в относительно аридной и теплой юго-восточной части лесостепи региона почвообразующими породами являются более древние и в большей степени выветрелые желтовато-коричневые карбонатные глины, в которых обнаружены повышенные запасы обменного магния. Указанные отличия сформировали региональную специфичность путей эволюционного развития пахотных серых лесных почв в пределах засушливого юго-востока и влажного северо-запада лесостепи Белгородской области. В частности, повышенное содержание обменного магния на юго-востоке ареала серых лесных почв способствует здесь развитию слитизации почвенных профилей и росту их плотности, что тормозит агрогенное очерноземливание серых лесных почв.

УДК 629.78:504.05(574.5)

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ЛАНДШАФТОВ КОСМОДРОМА БАЙКОНУР К ТЕХНОГЕННУМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС

О.В. Черницова (1), П.П. Кречетов (1), Т.В. Королева (1), В.В. Неронов (2)

(1) МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, e-mail: olchernitsova@mail.ru;

(2) Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова, Москва, e-mail: vneronov@list.ru

Позиционный район космодрома Байконур представляет собой природно-территориальный комплекс, в состав которого входят как промышленно-технические и инфраструктурные объекты, так и природные ландшафты, испытывающие определенное техногенное воздействие. Техногенное воздействие может быть как специфическим, связанным с подготовкой и запуском ракет-носителей, так и неспецифическим, определяемым работой объектов, обеспечивающих жизнедеятельность космодрома и функционирующих независимо от собственно космической деятельности (котельные, автобазы, аэродромы и т.п.). Специфическое воздействие на ландшафты, связанное с осуществлением ракетно-космической деятельности (РКД) на космодроме, потенциально может проявляться в трех видах: механические нарушения (повреждение и прямое уничтожение почвенного и растительного покрова); химическое загрязнение окружающей среды (поступление в почву и в атмосферу специфических и неспецифических загрязняющих веществ); пирогенное воздействие (вследствие возникающих возгораний антропогенной природы) [1].

Цель выполненной работы – составление карты зонирования позиционного района космодрома Байконур по потенциальной устойчивости к техногенному воздействию на основе интегральной балльной оценки устойчивости основных компонентов ландшафтов (почвенного и растительного покрова) с применением ГИС-технологий. Под устойчивостью почвы авторами понимается ее свойство сохранять, а также восстанавливать естественное состояние и функционирование (с учетом непрерывно идущего эволюционного процесса), несмотря на разнообразные (физические, химические, биологические) внешние воздействия. Потенциальная устойчивость растительных сообществ в настоящей работе определена исходя из эколого-биологических свойств растений.

Авторами проведено полевое маршрутное исследование современного состояния почвенного и растительного покрова космодрома Байконур по нескольким линейным профилям различного азимута и выполнены почвенные и геоботанические описания пробных площадок в 180 маршрутных точках. В каждом случае выполнялся отбор поверхностных проб почвы, в которых впоследствии проведены химико-аналитические исследования по ряду показателей, определяющих свойства изученных почв.

Для выполнения оценки устойчивости ландшафтов космодрома Байконур и составления карты зонирования по потенциальной устойчивости к техногенному воздействию с использованием геоинформационного программного обеспечения ArcGIS 9.3 создан ГИС-проект, в который включены слои картографической основы, цифровая модель рельефа, разновременные многозональные космические снимки Landsat ETM+, а также точки полевого маршрутного обследования. На основе спектрального, морфометрического и логико-географического дешифрирования данных дистанционного зондирования, с учетом результатов полевого почвенного и геоботанического обследования территории, выполнено картографирование почвенного и растительного покрова космодрома Байконур.

Кроме того, в рамках ГИС-проекта создана база данных, характеризующая различные компоненты ландшафта космодрома. В нее включены:

- климатические данные (температуры воздуха и поверхности почвы, количество осадков, скорость и повторяемость направлений ветра);
- результаты анализов поверхностных проб почвы в точках полевого маршрутного обследования (гранулометрический состав, влажность, плотность, величина рН, электропроводность, содержание солей, данные элементного анализа (по 18 элементам));
- сведения о флористическом составе растительных сообществ, обилии отдельных видов, общем проективном покрытии и высоте травостоя в точках полевого маршрутного обследования.

На первом этапе определения потенциальной устойчивости ландшафтов космодрома к техногенному воздействию на основе составленных карт и созданной базы данных была проведена экспертная оценка устойчивости почв к химическому загрязнению (наиболее токсичным из используемых компонентов ракетного топлива – несимметричным диметилгидразином (НДМГ)), к физическому воздействию; а также потенциальной устойчивости растительности к воздействию РКД.

При определении устойчивости почв космодрома к химическому загрязнению НДМГ проведена оценка факторов, определяющих условия его миграции, трансформации и аккумуляции в ландшафте [2]. Прежде всего, рассмотрены показатели, отражающие интенсивность самоочищения среды: степень расчлененности поверхности, особенности геоморфологического строения территории, характеристики поверхности стока. На основании данных анализа цифровой модели рельефа построены производные карты (уклонов, экспозиции склонов, направления поверхностного стока, степени расчлененности поверхности). Проведенное исследование показало, что факторы интенсивности самоочищения среды, обусловленные особенностями рельефа, в пределах космодрома выражены слабо, и данная территория при оценке потенциальной устойчивости к техногенному воздействию может рассматриваться как однородная.

Вторая группа проанализированных показателей – это показатели, отвечающие за возможные формы и интенсивность преобразований продуктов техногенеза (параметры почвенного климата, биохимическая активность, общее количество солнечной радиации, сумма температур выше 0 градусов и т.д.). Различия в этих

показателях, определяемых микроклиматом отдельных участков, незначительны, поэтому оценка территории по данной группе показателей не проводилась.

Третья группа факторов, контролирующая исходную емкость и возможную прочность закрепления и выноса НДМГ и его метаболитов из почв, включает в себя показатели сорбционной емкости почв и пород, кислотно-основных и окислительно-восстановительных условий, минералогического и гранулометрического состава, количества органического вещества, элементного состава почв и грунтов.

Показатели, характеризующие свойства почв, систематизированы в специализированной базе данных. При оценке использованы следующие показатели: содержание физической глины; плотность почвы; величина рН; содержание гумуса; содержание марганца, железа, меди. На основе экспертной оценки почвам территории космодрома Байконур по отобранным показателям были присвоены баллы от 1 (слабая устойчивость к техногенному воздействию) до 3 (высокая устойчивость). Для итоговой оценки присвоенные для каждого показателя баллы были просуммированы, а затем по сумме баллов выделены три группы почв: со слабой, средней и высокой устойчивостью почв к химическому воздействию.

Аналогичным образом выполнена оценка устойчивости почв космодрома Байконур к физическому воздействию. Баллы присваивались почвам по следующим показателям: содержание физической глины; плотность почвы; влажность.

Для оценки растительного покрова к воздействию РКД предложена шкала устойчивости растительных сообществ. Она разработана на основе комплекса прямых и косвенных признаков, касающихся как структурных показателей, так и состояния и распространения отдельных видов, особенно доминирующих и индикаторных. Были проанализированы индикаторные признаки растений, отражающие скорость и интенсивность их изменения под воздействием трех основных видов техногенного фактора (химического загрязнения, механических нарушений и пирогенного воздействия). В результате все растительные сообщества, представленные на территории космодрома Байконур, также были разделены по степени их устойчивости к техногенному воздействию РКД на три основные группы.

По результатам анализа составлены карты устойчивости почв и растительности. ГИС-анализ позволил разработать синтетическую карту зонирования территории космодрома Байконур по потенциальной устойчивости экосистем к техногенному воздействию и создать матричную легенду к данной карте. Карта зонирования получена путем наложения трех слоев: «устойчивость почв к химическому воздействию», «устойчивость почв к физическому воздействию»; «устойчивость растительности к воздействию РКД». Каждый выделенный на карте зонирования контур в матричной легенде характеризуется сочетанием степени устойчивости почв к химическому и физическому воздействию и устойчивости растительности к воздействию РКД.

Учет устойчивости ландшафтов к специфическому техногенному воздействию необходим при эксплуатации существующих и строительстве новых объектов космодрома и позволяет минимизировать экологический риск и снизить масштабы антропогенной трансформации природных ландшафтов. Кроме того, проведенное зонирование позволит в дальнейшем разработать научно обоснованные рекультивационные мероприятия на техногенно нарушенных ландшафтах.

Литература

1. Кондратьев А.Д., Кречетов П.П., Королева Т.В., Черницова О.В. Космодром «Байконур» как объект природопользования. М.: Пеликан, 2008. 175 с.
2. Глазовская М.А. Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. 102 с.

УДК 550.4:551.4 (476)

СОСТАВЛЕНИЕ КАРТ ТЕХНОГЕННОГО ДАВЛЕНИЯ НА АГРОЛАНДШАФТЫ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

Н.К. Чертко, А.А. Карпиченко

Белорусский государственный университет, Минск, e-mail: karpi@bsu.by

Методика составления карт техногенного давления на ландшафты разрабатывалась М.А. Глазовской (1988), для условий Беларуси – Н.К. Чертко (1990). В зависимости от цели исследования техногенное давление может определяться как для отдельного элемента, так и для суммы элементов [1]. Для агроландшафтов Беларуси Н.К. Чертко составил карту агротехногенного давления [2].

Методика количественной оценки антропогенной нагрузки на окружающую среду и ее анализ с использованием ГИС-технологий разработана В.А. Рыбак (2010). Фрагменты ее реализации приведены в пределах Беларуси. Предлагается давать оценку состояния окружающей среды с учетом дифференциации территории на функциональные ландшафтные зоны, имеющие сходную реакцию на антропогенные нагрузки и общность функционального использования на основе анализа многочисленных данных экологического состояния компонентов среды и приведением результатов к интегральной балльной оценке общего экологического состояния [3].

Для получения комплексной ландшафтно-геохимической оценки на основе составления карты техногенного давления нами выделено три этапа исследования:

- определение перечня и учет показателей в определенном интервале времени, сбор необходимой информации, включая полевые исследования;
- ранжирование значимости используемых показателей (факторный анализ);

– интерпретация полученных результатов с составлением карты техногенного давления на агроландшафты.

Методика составления карты техногенного давления на агроландшафты включает учет ежегодного внесения минеральных и органических удобрений, пестицидов, извести или доломитовой муки, выпадения пыли природного, техногенного и космического происхождения, а также с атмосферными осадками.

В современных условиях для агроландшафтов азотно-фосфорно-калийные удобрения (в среднем 303 кг/га действующего вещества в год) вносятся с учетом содержания их подвижных форм в почвах. Эти дозы следует отнести к оптимальным. Внесение органических удобрений пока не достигло оптимальных доз (около 15 т/га в год). Пестициды вносятся выборочно и на величину техногенного давления не влияют из-за малых доз. Известкование проводят один раз в пять лет в зависимости от кислотности-щелочности условий и гранулометрического состава почв в пределах 3–5 т/га.

В зависимости от выпадающей пыли смешанного происхождения агроландшафты можно подразделить на две группы:

– вокруг крупных промышленных городов или объектов с повышенным выпадением пыли смешанного генезиса;

– удаленные агроландшафты на расстоянии более трех километров с пониженным выпадением пыли.

Выбросы в атмосферу республики твердых частиц в последние пять лет (2005–2009 гг.) стабилизировались на уровне 44–48 тыс. т в год. Поступление пыли в почвы агроландшафтов, удаленных от промышленных объектов, крупных городов и магистралей, составляет в пределах 0,1–0,4 т/га, что близко к дозе, вносимой с NPK в год.

Пределы изменения суммы ионов в осадках – от 0,34 до 500 мг/дм³ [4].

Средняя минерализация атмосферных осадков для территории Беларуси в 2007 г. изменялась от 8,2 мг/дм³ в Березинском заповеднике до 31,6 мг/дм³ в Полоцке [5]. С увеличением количества осадков их минерализация уменьшается.

Среднее содержание взвешенных веществ в снеговых водах для Березинского биосферного заповедника составляет 12 мг/дм³ [6].

Полевые исследования проводились по разработанной нами методике. В условиях сухой погоды к планшету прикреплялась взвешенная до эксперимента бумага с шероховатой поверхностью размером 20 x 20 см. Экспозиция длилась от трех до пяти суток в период без выпадения осадков. После завершения наблюдений бумага помещалась в соответствующий пронумерованный файл и взвешивалась после экспозиции. Для определения минерального остатка в дождевых осадках и в снегу использовался химический стакан, который взвешивался до экспозиции. После экспозиции вода и снег выпаривались на водяной бане и повторно взвешивался с сухим остатком.

Расчет количества выпавшей пыли и минерального остатка в осадках за год на гектар (П) проводили по формуле:

$$П = [(\mathcal{E}_n \cdot D_1) \cdot K] + [(\mathcal{E}_{сн} \cdot D_2) \cdot K] + [(\mathcal{E}_{жк} \cdot D_3) \cdot K]$$

где \mathcal{E}_n – количество пыли (аэрозоли) в мг на экспозиционном листе; $\mathcal{E}_{сн}$ – количество минерального остатка, выпавшего со снегом; $\mathcal{E}_{жк}$ – количество минерального остатка, выпавшего с жидкими осадками; D_1 – количество дней в году без осадков; D_2 – количество дней в году со снегом; D_3 – количество дней в году с жидкими осадками; K – коэффициент перерасчета количества пыли и минерального остатка, выпавших в течение года, на гектар.

Ориентировочный расчет выпавшей пыли производился за год следующим образом. Учитывалось количество дней с осадками и продолжительность осадков, которые вычитались из общего количества дней в году. Пыль с осадками учитывалась по минерализации осадков. Затем рассчитывалась выпавшая пыль в дни без осадков и суммировалась полученная величина. Она добавлялась к количеству вносимых минеральных и органических удобрений, а также доз извести, вносимых в среднем за год по каждому административному району по данным РУП «Института почвоведения и агрохимии».

В дальнейшем карта техногенного давления составлялась в среде ГИС-программы ArcView.

Установлено, что техногенная нагрузка на агроландшафты Белорусского Полесья колеблется в достаточно значительных пределах – от 10,2 т/га в Ганцевичском районе до 22 т/га в Малоритском районе. Более чем двухкратная разница определена целым рядом факторов как природного, так и антропогенного характера, поскольку дозы внесения органических удобрений и извести, которые вносят наибольший вклад в суммарную агротехногенную нагрузку, в свою очередь, зависят от множества условий. Для почв, загрязненных радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС, устанавливаются повышенные дозы внесения удобрений и известковых мелиорантов.

В результате наложения различных факторов иногда трудно объяснить территориальную дифференциацию техногенного давления в разрезе административных районов. Получены следующие закономерности: наименьшая величина техногенного давления (10–12 т/га) на агроландшафты наблюдается в районах со значительной долей осушенных торфяных почв: Ганцевичский, Октябрьский, Житковичский.

Для большей части районов Белорусского Полесья, особенно в восточной части, характерно относительно небольшое техногенное давление (от 12,1 до 15 т/га в год). Более высокие величины в Хойникском и Брагинском районах, очевидно, связаны со значительной долей земель, загрязненных радионуклидами.

В западной части Полесья наблюдаются более высокие нагрузки на агроландшафты (15,1–18 т/га в год) для большей части районов (Брестский, Каменецкий, Березовский, Дрогичинский, Ивановский и Лунинецкий), а наибольшие значения характерны для Столинского (18,7 т/га) и Малоритского районов (22 т/га).

га). Наибольший вклад в антропогенное давление вносят органические удобрения, дозы внесения которых в Малоритском районе (16,9 т/га) почти на 2 тонны превышают оптимальные значения. Такая ситуация сложилась в результате большей доли пропашных культур, весьма отзывчивых на внесение органических удобрений, и значительных площадей песчаных почв.

Литература

1. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа, 1988. 324 с.
2. Чертко Н.К. Геохимия агроландшафтов Белоруссии их оптимизация: дис. ... д-ра геогр. наук / Н.К. Чертко. Мн., 1990. 396 с.
3. Рыбак В.А. Антропогенная нагрузка на окружающую среду: количественная оценка, анализ, нормирование. Мн.: РИВШ, 2010. 334 с.
4. Свистов П.Ф. Антропогенные осадки: происхождение, состав и свойства // Экология урбанизированных территорий. 2011. № 1. С. 39–46.
5. Состояние природной среды Беларуси. Экологический бюллетень 2007 г. / Под ред. В.Ф. Логинова. Мн., 2008. 376 с.
6. Геохимическое изучение ландшафтов Березинского биосферного заповедника / М.Н. Куксо [и др.]. Под ред. К.И. Лукашева. Мн.: Наука и техника, 1985. 144 с.

УДК 631.481

ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ В ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ НАЗАРОВСКОЙ КОТЛОВИНЫ

В.В. Чупрова (1), Л.С. Шугалей (2)

(1) Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, e-mail: soil-valentina@yandex.ru

(2) Красноярский государственный аграрный университет, Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

Добыча угля открытым способом влечет за собой разрушение растительного и почвенного покровов, выносит на поверхность значительные объемы вскрышных пород, изменяет естественный рельеф, микроклимат. В результате формируются новые техногенные ландшафты со своеобразным рельефом, обусловленном технологией разработки месторождения угля, микроклиматом и составом почвообразующих пород.

Природные ландшафты лесостепи и южной тайги Средней Сибири издавна подвергались хозяйственной деятельности человека. Создание промышленных комплексов, новых городов и поселков на территории региона ведет к последующему существенному изменению основных природных компонентов почвенного покрова и фитоценозов.

Сельскохозяйственная освоенность лесостепи Назаровской котловины составляет 40-68%, что выше, чем в Европейской части России. Здесь получают самые высокие урожаи (> 40 ц/га) в восточном экономическом районе Сибири основной продовольственной культуры – пшеницы. Средняя лесистость не превышает 16-20%, снижаясь в отдельных ландшафтах до 5%. Предполагается, что в отдаленной перспективе по разным вариантам прогноза при расширении добычи угля будет уничтожено 10-15% лесных массивов и 86-90% сельскохозяйственных угодий [1]. Таким образом, сохранение земель сельскохозяйственного фонда находится в противоречии с вопросами увеличения лесистости региона.

Экологическая оптимизация ландшафтов региона возможна только при сохранении лесов предгорий и увеличении площади лесных массивов. Для этого целесообразно использовать под лесные культуры непригодные для сельскохозяйственного производства массивы, в том числе отвалы вскрышных пород.

Отвалы представляют собой хаотичные смеси различных слоев вскрыши и формируются длительный период. Восточный гидроотвал формировался в 1949-1955 г.г. гидравлическим смывом пород вскрыши Назаровского угольного разреза в понижение, Сереженский гидроотвал – в 1968-1981 г.г. гидравлическим смывом пород вскрыши в пойму реки Серж, Бестранспортный отвал находится в стадии формирования с 1978 г. путем перекалывания пород при добычи угля внутри разреза [2].

Почвы техногенных ландшафтов в посттехногенный период формируются при взаимодействии комплекса обычных элементарных почвообразовательных процессов, но пока еще не являются почвами, поскольку в них не сформировались генетически сопряженные горизонты. В классификации почв России 2004 г. почвы естественного происхождения и техногенные поверхностные образования (ТПО) разделяются, поскольку искусственные конструкции ТПО не являются результатом почвенных процессов, а состоят из насыпных слоев [3, 4].

Толща грунта на отвалах очень неоднородна по макроморфологическим признакам и расчленяется на несколько слоев. Каждый из них диагностируется по цвету, сложению или гранулометрическому составу. Мелкозем смеси грунтов Восточного гидроотвала характеризуется песчаным и супесчаным гранулометрическим составом, часто с включением тонких иловатых прослоев. Сложение – рыхлое, иногда рассыпчатое, окраска – пестрая, подчеркивающая слоистость толщи и обусловленная скоплениями различных форм железа и выветрившихся плиток бурого угля. Субстрат смеси пород на Сереженском гидроотвале отличается четко выраженной слоистостью мелкозема суглинистого и глинистого гранулометрического состава, с сизыми и ржавыми пятнами и примазками сезонно-мерзлотного оглеения. В хаотичной смеси вскрышных пород Бестранспортного отвала выделяются крупные пятна мелкозема, придающие очень

пеструю окраску всей толще: от черной, за счет включений угля, до коричнево-желтой и сизо-бурой, за счет окисленных и восстановленных соединений железа [5].

Таким образом, общим морфологическим признаком хаотичных смесей грунтов на отвалах является наличие в них крупнозема из плотных обломочных пород, а также плиток и пластинок аргиллита, алевролита и бурого угля. На поверхности обломков обнаруживается растрескивание, шелушение, редко раскалывание, что связано с процессами физического и химического выветривания.

Сельскохозяйственная рекультивация проводилась в период 1968-1981 гг. Земли, рекультивированные для сельскохозяйственного производства, представляют собой целенаправленно созданные ТПО с нанесением на технически подготовленные хаотичные смеси грунтов вскрыши гумусового слоя, хранившегося в буртах. Они отнесены к группе квазимемов, подгруппе реплантоземов и являются почвоподобными образованиями внешне сходными с почвами. Реплантоземы – ТПО используются под пашню и пастбище, имеют следующий морфологический профиль (PU) – AU – C. Искусственно созданный аккумулятивный горизонт реплантоземов характеризуется высокой (25-64%) пространственной изменчивостью, что является специфической особенностью почвенного покрова техногенных ландшафтов [5].

Аккумулятивная часть профиля реплантоземов по морфологическому облику: окраске, структуре, включению растительных остатков близка гумусовому горизонту черноземов выщелоченных, которые являются зональными в Назаровской котловине.

Почвообразующая порода представляет пестрый перемешанный мелкозем с включением аргиллитов, алевролитов, выветрелого бурого угля, а также щебня, имеющего слабые признаки физического выветривания и может разделяться по окраске и включениям на несколько горизонтов С (С1, С2, С3 и т.д.). Общими признаками для этих горизонтов являются тяжелый гранулометрический состав, непрочная глыбисто-комковатая структура, отсутствие карбонатов. Реплантоземы имеют в целом легко- и среднесуглинистый состав.

Неравномерное нанесение гумусового слоя на техногенный субстрат при формировании реплантоземов обеспечило высокие запасы углерода в гумусе ТПО. В слое 0-40 см они в 1,5-3,5 раза превышают запасы углерода в старопашотных агрочерноземах. Реплантоземы характеризуются высокой (34-122%) пространственной изменчивостью запасов углерода в гумусовом профиле. Техногенные поверхностные образования в настоящий период не являются почвами, так как профиль их сформирован нанесением на хаотичную смесь вскрышных пород гумусового слоя, хранившегося 3-5 лет в буртах. Но искусственные техногенные образования созданы из естественных составляющих и начинают развиваться под воздействием известной пентады факторов почвообразования. Круговорот углерода в агроценозах имеет положительный баланс. Несмотря на отчуждение с урожаем 46-65% фитомассы и интенсивный (20-30%) минерализационный поток, в почву ежегодно поступает 14-20% углерода (2,06-0,97 т С/ в год) от чистой первичной продукции [6].

Учет урожая фитомассы в агроценозах на опытных пробных площадях реплантоземов показал зависимость его от мощности гумусового слоя до 40 см. Большую мощность гумусового слоя на искусственных техногенных образованиях создавать не целесообразно. Урожайность пшеницы, основной сельскохозяйственной культуры, находится здесь на уровне естественных агрогенных почв и составляют 2,5-4,8 т/га. Пастбища на реплантоземах также обладают высокой и устойчивой продуктивностью. Величина надземной продукции достигает 3,48-4,95 т С/га в год. Для сравнения отметим, что продукция в надземной сфере пастбищной экосистемы на лугово-черноземной почве в пойме р. Чулым не превышает 4 т С/га в год.

Массивы сосны создавались на технически рекультивированных отвалах вскрышных пород. Культуры сосны (*Pinus sylvestris* L) высаживались на технически спланированные отвалы без нанесения гумусового слоя 2-3-летними сеянцами. За годы произрастания культур сосны на хаотичном субстрате вскрышных пород сформировалась группа натурфабрикатов, подгруппа литостратов. Литостраты имеют следующее морфологическое сложение: O – AU – C. Валовой химический состав и физико-химические свойства инициальных почв унаследованы от субстрата. В первое десятилетие по морфологии они полностью соответствовали литостратам. Но в настоящий период под культурами сформировались подстильно-торфяные и аккумулятивные горизонты. Максимальные (95,6 т/га) запасы углерода накопились в слое 0-40 см под 35-летними культурами сосны Восточного гидроотвала. Затем следуют литостраты Бестранспортного отвала – 82,5 т/га под 21-летними культурами. На Сереженском гидроотвале в литостратах под 25-летними культурами аккумуляровались запасы углерода гумуса, равные 59,0 т/га. Различия обусловлены возрастом и полнотой древостоев.

Морфо-таксационное обследование показало, что разновозрастные культуры сосны по высоте и диаметру древостоев, запасам древесины и фитомассы соответствуют Ia и I бонитету, что свидетельствует не только о благоприятных условиях произрастания, но и развитии почвообразовательных процессов, способствуют накоплению в субстрате органического углерода, основного элемента плодородия.

Таким образом, рекультивация нарушенных земель для сельскохозяйственного производства необходима. Высокая продуктивность агроценозов на рекультивированных для сельскохозяйственного производства землях свидетельствует об экологической и экономической целесообразности их использования. Культуры сосны уже сейчас способны выполнять средообразующие, почвозащитные, водоохраные, рекреационные и другие функции, тем самым обеспечивать экологическую оптимизацию ландшафтов региона и сохранять земли сельскохозяйственного фонда.

Литература

1. Природа и хозяйство района первоочередного формирования КАТЭКа. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние. 1983. 261 с.

2. Шугалей Л.С., Яшихин Г.И., Дмитриенко В.К. Биологическая рекультивация нарушенных земель КАТЭКа. Красноярск: Изд-во КГУ. 1996. 186 с.
3. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
4. Гаджиев И.М., Курачев В.М. Генетические и экологические аспекты исследования и классификации почв техногенных ландшафтов // Экология и рекультивация техногенных ландшафтов. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1992. С. 6-15.
5. Чупрова В.В., Шугалей Л.С. Особенности макроморфогенеза почв на отвалах угольных разрезов Назаровской котловины // Вестник КрасГАУ. 2007. №1. С. 61-70.
6. Чупрова В.В., Савельева И.Н. Особенности функционирования экосистем в техногенных ландшафтах Назаровской котловины // Плодородие, 2010. №5. С. 47-49.

УДК 504.75

БИОХИМИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ ЛЕГКОГИДРОЛИЗУЕМЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ЛАНДШАФТАХ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ТЕРРИКОНОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

А.В. Шарпова

МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, e-mail: aharapova@mail.ru

В пределах Подмосковского бурогоугольного бассейна располагаются многочисленные терриконы угольных шахт, вмещающие большие объемы восстановленных углеродсодержащих соединений. Под действием внешних факторов происходит перемещение материала террикона в прилегающие ландшафты, где протекают процессы их трансформации. В основе преобразований восстановленных соединений лежит геохимический процесс их окислительной трансформации химической и биохимической природы.

Цель проведенных исследований – изучение особенностей протекания процесса биохимического окисления легкогидролизующих органических веществ (ЛГОВ) в почвах зоны влияния терриконов бурогоугольных шахт.

В процессе исследования решены две задачи:

1. Выявлены факторы, определяющие интенсивность процессов биохимического окисления ЛГОВ.
2. Охарактеризованы особенности сезонной динамики процесса биохимического окисления в различных ландшафтно-геохимических условиях.

Экспериментальные исследования проводились в пределах Новомосковского района Тульской области в 2010 году на 13 площадках, расположенных на различном удалении от источника поступления техногенных восстановленных веществ терриконов.

Для характеристики протекания процесса биохимического окисления ЛГОВ был предложен показатель стандартного биохимического окисления *in situ*, который отражает количество миллиграмм углерода от исходного содержания органического углерода полотна, окисленного за 1 сутки (мгС/г в сутки). В основу определения показателя положен метод оценки целлюлозолитической активности почв, который основывается на определении степени разложения ЛГОВ тест-объектов различными группами микроорганизмов, что отражает общую целлюлозолитическую активность почв.

Процесс биохимического окисления ЛГОВ, протекающий в почвенной толще, связан с микробиологической активностью почв, которая зависит от ряда факторов: гидротермических условий, наличия достаточного количества питательных веществ в среде, влияния токсичных для микроорганизмов соединений. Оптимальное соотношение всех вышеперечисленных факторов приводит к высокой микробиологической активности почв, что, в свою очередь, определяет интенсификацию процессов биохимического окисления.

В качестве модельной тест-объекта использовались фрагменты льняного полотна, которые закладывались в трехкратной повторности на период 1 месяц в поверхностные горизонты (0-10 см) исследуемых почв и грунтов на протяжении одного вегетационного периода (апрель-октябрь).

Установлено, что значения показателя биохимического окисления ЛГОВ в почвах природных ландшафтов, представленных черноземами выщелоченными и черноземами луговыми, изменяются в пределах от 2 до 28 мгС/г в сутки. Максимальная интенсивность процесса биохимического окисления отмечена в мае-июне. Для гумусового горизонта чернозема лугового характерны более высокие абсолютные значения целлюлозолитической активности (7-28 мгС/г в сутки), чем для поверхностных горизонтов чернозема выщелоченного (2-19 мгС/г в сутки).

Оценка степени интенсивности процесса биохимического окисления ЛГОВ в грунтах природно-техногенных ландшафтов проводилась в пределах трех групп ключевых участков.

Участки первой группы занимают трансаккумулятивные позиции и характеризуют природно-техногенные ландшафты пролювиальных и делювиальных шлейфов терриконов, сложенных перемещенным грубообломочным слабосортированным материалом террикона. Растительность в пределах исследуемых участков отсутствует. Тест-объекты закладывались в толщу перемещенного субстрата.

Значения показателя биохимического окисления ЛГОВ в поверхностном слое наноса изменяются в пределах 0,04-3 мгС/г в сутки. Интенсификация процесса биохимического окисления характерна на этих участках для периода наблюдений с июля по октябрь. Наибольшие значения показателя характерны для делювиальных отложений материала пород террикона (0,3-3 мгС/г в сутки). В поверхностных горизонтах пролювиальных отложений, толща которых характеризуется периодическим переувлажнением, процесс биохимического окисления ЛГОВ замедлен – значения показателя составляют 0,04-0,2 мгС/г в сутки.

Вторая группа участков рассмотрена в пределах трансаккумулятивных позиций; она характеризует

природно-техногенные ландшафты делювиальных и пролювиальных шлейфов, сложенных перемещенным среднесортированным пиритизированным и углефицированным материалом террикона. Растительность представлена куртинными сообществами вейника и пионерного разнотравья. Тест-объекты закладывались в поверхностные горизонты дерновых слаборазвитых техногенно трансформированных почв в пределах делювиального шлейфа и дерновых техногенно трансформированных оторфованных почв в пределах пролювиальных шлейфов.

В целом, для данной группы степень биохимического окисления ЛГОВ изменяется в пределах 1-10 мгС/г в сутки. Максимальные значения отмечаются в мае-июне. Для поверхностных горизонтов дерновых почв, сформированных на пролювиальных наносах и характеризующихся условиями периодического переувлажнения, характерны более высокие значения показателя (3-10 мгС/г в сутки) по сравнению с поверхностными горизонтами дерновых почв, формирующихся на делювиальных отложениях (1-5 мгС/г в сутки).

Третья группа участков характеризует элементарные природно-техногенные ландшафты трансаккумулятивных позиций периферийных зон делювиальных и пролювиальных шлейфов. Растительность в пределах таких участков представлена природными разнотравно-злаковыми формациями. Тест-объекты инкубировались в поверхностные горизонты техногенно трансформированного чернозема лугового и чернозема выщелоченного, содержащие материал терриконов.

Показатель степени биохимического окисления ЛГОВ для данной группы характеризуется диапазоном значений 2-15 мгС/г в сутки. Пик интенсификации процесса биохимического процесса приходится на май-июнь. Наибольшие значения показателя отмечаются в почвах периферийных зон пролювиальных шлейфов, в техногенно трансформированных органических горизонтах чернозема лугового (5-15 мгС/г в сутки). Процесс биохимического окисления в гумусово-аккумулятивном горизонте техногенно трансформированного чернозема выщелоченного менее интенсивный, значения показателя варьируют в пределах 2-6 мгС/г в сутки.

На основе анализа данных экспериментальных исследований было установлено, что наибольшей степенью биохимического окисления ЛГОВ характеризуются поверхностные горизонты природных почв. Ведущим фактором, определяющим интенсивность процесса окисления, является характер гидротермического режима. Так, наибольшая степень протекания процесса окисления для большинства рассмотренных участков наблюдается в условиях оптимума температуры и увлажнения в мае-июне. Кроме того, наибольшие абсолютные значения характерны для гумусового горизонта чернозема лугового, отличающегося более длительным периодом благоприятных гидротермических условий.

Почвы и грунты природно-техногенных ландшафтов при равном или превышающем фоновый уровень содержания углерода характеризуются более низкими значениями показателя биохимического окисления, что во многом определяется свойствами новообразованных почв и грунтов, обеспечивающих условия функционирования микробиоценоза. Органическое вещество этих объектов преимущественно угольного происхождения; оно характеризуется специфическим набором структурных элементов, обеспечивающих его повышенную устойчивость к окислению. Кроме того, для почв участков делювиальных и пролювиальных шлейфов интенсивность процесса биохимического окисления повышается по мере увеличения степени задернованности поверхности. Наличие растительного покрова определяет ежегодное поступление легкогидролизуемых органических веществ, необходимых для развития микробиоценоза.

Таким образом, интенсивность протекания процесса биохимического окисления определяется степенью микробиологической активности, которая обусловлена наличием органического вещества, способного к биохимическому окислению, а также ландшафтно-геохимическими условиями функционирования микробиоценоза.

УДК 550.4

ТЯЖЁЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ

И.С. Шварёва (1), В.И. Комаров (2)

(1) Ковровская государственная технологическая академия им. В.А. Дегтярева Ковров, e-mail: IShvar@yandex.ru; (2) ФГБУ центр агрохимической службы «Владимирский», Владимир, e-mail: agrohim_33@mail.ru

Все возрастающее внимание к охране окружающей среды вызвало особый интерес к вопросам воздействия на почву и растения тяжёлых металлов (ТМ). Известно, что 70 – 80 % от общего количества ТМ, поступающих в организм человека, приходится на растительную продукцию [1]. Некоторые ТМ, например, ртуть, свинец и кадмий опасны для здоровья человека даже при низких концентрациях.

Между содержанием ТМ в почве и выращиваемой на ней культуре существует прямая, но далеко не однозначная связь: и на сильнозагрязненной, но обладающей высокими буферными свойствами почве, возможно получение гигиенически приемлемого урожая. До тех пор, пока ТМ прочно связаны с составными частями почвы и труднодоступны, их отрицательное влияние на почву и окружающую среду будет незначительным. Однако если почвенные условия позволяют перейти ТМ в почвенный раствор, возникает вероятность проникновения их в растения, а далее – в организм человека и животных, потребляющих эти растения. Опасность загрязнения почв и растений ТМ зависит от форм химических соединений в почве; присутствия элементов, противодействующих влиянию ТМ, и веществ, образующих с ними комплексные соединения; от процессов адсорбции и десорбции; количества доступных форм этих металлов в почве и почвенно-климатических условий [2]. У каждого вида растений концентрации ТМ могут варьировать в различных

частях и органах, а также в зависимости от возраста растения. При избыточном поступлении ТМ через корни в растения работают защитные механизмы неспецифической природы. Они ограничивают проникновение ТМ в надземные органы, в метаболические центры клеток. По отношению к разным ТМ защитные возможности растения проявляются неодинаково: Pb в основном задерживается уже в корнях, Cd сравнительно легко проникает в надземные органы [2]. По уровню накопления ТМ различные органы растений также отличаются и располагаются в следующий ряд: корни > стебли (листья) > органы запасаания ассимилянтов [2, 3]. В связи с этим чрезвычайно важны исследования, позволяющие контролировать содержание ТМ в различных видах с/х растений в зависимости от типа почвы и проводимых мелиоративных мероприятий.

Владимирская область является хорошо развитым промышленным регионом, основными источниками поступления ТМ в окружающую среду служат предприятия машиностроительного и химического профиля, немалый вклад в загрязнение почв ТМ вносят минеральные удобрения и пестициды, а также иловые осадки очистных сооружений.

Исследования содержания ТМ в почвах и растениях Владимирской области проводятся по программе мониторинга загрязнения окружающей среды. Накопленные в течение ряда лет (1993-2010) Агрохимцентром «Владимирский» данные позволяют проследить динамику накопления ТМ (меди, цинка, свинца, кадмия, кобальта, хрома) в сельскохозяйственных растениях, выращиваемых на почвах Владимирской области, а также оценить безопасность сельскохозяйственной продукции с точки зрения санитарно-гигиенических нормативов. Расчет коэффициента накопления ТМ в растениях по отношению к их содержанию в почве даёт возможность определить наиболее уязвимые с точки зрения аккумуляции ТМ виды растений. Проведённые исследования выявляют наиболее опасные по интенсивности накопления в растениях ТМ.

Исследования проводились на двух опытных участках (Ковровский район – дерново-подзолистые супесчаные и песчаные почвы, Суздальский район – серые лесные почвы). Оба участка расположены на сельскохозяйственных угодьях, ведётся севооборот. Исследовано содержание ТМ (меди, цинка, свинца, кадмия, хрома, кобальта) в зерне злаковых культур (овес, рожь, яровая пшеница), зелёной массе (листьях, стеблях) однолетних и многолетних трав (на сенокосных участках) (табл. 1-2).

Наблюдения на серых лесных почвах показали наибольшее содержание следующих ТМ в пробах злаковых культур и многолетних трав: Cd - овес (зерно); Zn и Cr - ячмень (зерно); Cu - яровая пшеница (зерно); Co, Pb – многолетние травы (зелёная масса). Превышения максимально допустимого уровня (МДУ) [4] не выявлено ни в одном из видов культур (табл.1). Наиболее низкое содержание ТМ (меди, цинка, свинца, кадмия, хрома) наблюдается в кукурузе (зеленой массе). Наименьшее содержание кобальта было выявлено в пробах яровой пшеницы.

Таблица 1

Содержание ТМ в растениях, выращенных на серых лесных почвах (1993-2007 гг.) [4,5]

ТМ	многолетние травы (зелёная масса)		Овес(зерно),		Ячмень(зерно)		Яровая пшеница		Кукуруза (зеленая масса)	
	МДУ	С, мг/кг	МДУ	С, мг/кг	МДУ	С, мг/кг	МДУ	С, мг/кг	МДУ	С, мг/кг
Cu	30	0,91	30	2,5	30	3,43	30	3,45	30	0,68
Zn	50	7,13	50	22,59	50	25,77	50	25,1	50	5,48
Pb	5,0	0,28	5,0	0,155	5,0	0,26	5,0	0,25	5,0	0,06
Cr	0,5	0,21	0,5	-	0,5	0,90	0,5	0,37	0,5	0,07
Cd	0,3	0,036	0,3	0,072	0,3	0,063	0,3	0,056	0,3	0,009
Co	1,0	0,112	1,0	-	1,0	0,059	1,0	0,006	1,0	0,01

Содержание ТМ в растительной продукции, выращенной на дерново-подзолистых почвах, отличается от растительной продукции, выращенной на серых лесных почвах (табл.2). Наибольшее содержание Cd, Cr, Pb обнаружено в зерне овса, содержание хрома в зерне овса выше допустимого уровня [4,5]; Cu и Zn накапливается в большей степени в зерне яровой пшеницы, Co – в листьях многолетних трав, при этом значения не выше допустимых.

Наиболее низкое содержание ТМ (меди, свинца, кадмия, хрома, кобальта), наблюдается в зелёной массе однолетних трав, цинка – в зелёной массе многолетних трав.

Однако говорить о поглотительной способности растений можно только после расчёта коэффициентов поглощения (Кп) относительно содержания отдельных элементов в почве. В таблице 3 для разных элементов и различных видов растений представлены значения Кп за тот период наблюдения, когда одновременно контролировалось содержание ТМ и в почвах, и в растениях, растущих на этих почвах.

Наблюдения показали, что в растениях, выращенных на серых лесных почвах (многолетние злаки, кукуруза, ячмень), накопление ТМ (меди, цинка, свинца, кадмия, кобальта и хрома) не наблюдается. Серая лесная почва Ополья имеет суглинистый механический состав, близкую к нейтральной реакцию среды (рН 6,1) и довольно высокое содержание гумуса (до 3,5%), - всё это способствует фиксации ТМ в недоступных для растений формах.

Напротив, в пробах растений, выращенных на дерново-подзолистых почвах, Кп некоторых ТМ, и, прежде всего, меди, цинка и свинца значительно выше. Это, очевидно, связано с тем, что в лёгких почвах, с невысоким содержанием гумуса, ТМ более доступны и легче поглощаются растениями из почвенного раствора.

Исследованная нами супесчаная дерново-подзолистая почва характеризуется кислой реакцией среды (рН 5.8), малым количеством гумуса (1.6-1.7%), ненасыщенностью основаниями (9,3мг-экв/100г). В таких условиях многие соединения ТМ подвижны, легко из почвенного раствора переходят в растения. Наиболее высокие значения Кн на дерново-подзолистых почвах получены в зерне ржи и овса для цинка (Кн 0.6 - 0.8) и меди (Кн 0.95 - 1.04). В зелёной массе однолетних трав наиболее высок Кн меди (Кн 0,95).

Таблица 2

Содержание ТМ в растениях, выращенных на дерново-подзолистых почвах (1993-2007 гг.) [4,5]

ТМ	многолетние травы (зелёная масса)		Овес (зерно),		Озим. рожь (зерно)		Яровая пшеница (зерно)		Однолетние травы (зелёная масса)	
	МДУ	С,мг/кг	МДУ	С,мг/кг	МДУ	С,мг/кг	МДУ	С,мг/кг	МДУ	С,мг/кг
Cu	30	1,27	30	3,10	30	3,25	30	3,63	30	1,03
Zn	50	6,24	50	26,02	50	23,95	50	33,4	50	6,55
Pb	5,0	0,19	5,0	0,38	5,0	0,23	5,0	0,26	5,0	0,07
Cr	0,5	0,16	0,5	0,58	0,5	0,34	0,5	0,30	0,5	0,05
Cd	0,3	0,034	0,3	0,079	0,3	0,077	0,3	0,059	0,3	0,017
Co	1,0	0,067	1,0	0,060	1,0	0,22	1,0	0,063	1,0	0,015

Таблица 3

Коэффициенты накопления ТМ в растениях в 1993-2003 гг.

год	культура	K_{nCu}	K_{nZn}	K_{nCd}	K_{nPb}	K_{nCo}	K_{nCr}
Серая лесная почва, Ополе, Суздальский р-н							
1994	Овёс (зерно)	0,22	0,70	0,21	0,02	-	-
1995	многолетние злаки	0,11	0,21	0,14	0,06	-	-
1996	многолетние злаки	0,13	0,18	0,02	0,05	-	-
1997	многолетние злаки	0,11	0,13	0,11	0,03	-	0,01
1998	многолетние злаки	0,10	0,28	0,07	0,02	0,02	0,01
1999	многолетние злаки	0,13	0,15	0,21	0,04	0,04	0,03
2000	многолетние злаки	0,07	0,17	0,08	0,02	0,02	0,01
2001	Кукуруза (зеленая масса)	0,06	0,15	0,02	0,01	0,01	0,01
2002	Ячмень (зерно)	0,08	0,14	0,03	0,02	0,01	0,01
	K_{ncp}	0,12	0,24	0,10	0,03	0,02	0,02
Дерново - подзолистая почва, Ковровский р-н							
1993	многолетние злаки	0,56	0,37	0,01	0,02	-	-
1994	многолетние злаки	0,79	0,50	0,009	0,04	-	-
1995	многолетние злаки	0,49	0,37	0,02	0,03	-	-
1996	многолетние злаки	0,38	0,46	0,002	0,03	-	-
1997	многолетние злаки	0,21	0,35	0,009	0,07	-	0,02
1998	многолетние злаки	0,40	0,43	0,01	0,04	0,05	0,01
1999	Озимая рожь (зерно)	1,04	0,62	0,016	0,03	0,19	0,14
2000	Озимая рожь (зерно)	0,95	0,73	0,02	0,08	0,08	0,03
2001	Овёс (зерно)	0,94	0,80	0,02	0,09	0,03	0,05
2002	Однолетняя трава	0,95	0,34	0,017	0,03	0,03	0,03
	K_{ncp}	0,68	0,50	0,13	0,04	0,08	0,05

Таким образом, даже при допустимых уровнях ТМ в почвах их содержание в растениях может превышать ПДК, что обуславливает необходимость контроля содержания ТМ и в почвах, и в растениях. Вместе с тем, даже при допустимых количествах ТМ в почве, для сохранения продуктивности и качества сельскохозяйственных культур, наряду с регулярным контролем содержания ТМ в почвах и растениях необходима дифференцированная, в соответствии с агрохимическими показателями почвы, система агрохимических мероприятий, – своевременное известкование, внесение научно-обоснованных доз органических и минеральных удобрений.

Литература

1. Кабата-Пендиас С., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М., 1989, 439
2. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск: Наука, 1991. 151с.
3. Обухов А.И., Попова А.А. Баланс тяжелых металлов в агроценозах дерново-подзолистых почв и проблемы мониторинга. //Вестник МГУ. Сер. 17. Почвоведение. 1992, МГУ, с. 31.
4. Временный максимально-допустимый уровень содержания ТМ в кормах, мг/кг, (МДУ), 1987.
5. Продовольственное сырье и пищевые продукты. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. (СанПиН 2.3.2.1078-01 от 14.11.2001 г). М., 2002. 166 с.

УДК 504.054

РАДИОАКТИВНОСТЬ ЦЕЗИЯ-137 В СФАГНОВЫХ МХАХ ВЕРХОВЫХ БОЛОТ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

В.П. Шевченко (1), Д.А. Филиппов (2), Р.А. Алиев (3)

(1) Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, e-mail: vshevch@ocean.ru; (2) Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок Ярославской обл., e-mail: philippov_d@mail.ru; (3) НИИ ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: ramiz.aliev@gmail.com

Атмосферный перенос является самым быстрым механизмом переноса веществ, в том числе радионуклидов. Эффективным природным архивом выпадений радионуклидов являются сфагновые мхи, растущие на верховых болотах [1]. Сфагновые мхи растут медленно. Годовой прирост зависит от уровня почвенно-грунтовых вод, количества выпадающих за вегетационный период осадков и обычно не превышает 2,5–3 см [2]. При этом нижняя часть стебля отмирает, формируя на сфагновых болотах сфагновые торфа. Почти сплошной покров сфагновые мхи образуют на широко представленных в таёжной зоне переходных и верховых сфагновых болотах. Последние в условиях Вологодской области занимают значительные площади (около 7–9% её территории, или 60–65% общей площади болот). Большие площади верховых болот находятся на юго-западе области (Молого-Судское междуречье), а также в бассейнах рек Сухоны, Шексны и Лаче-Воже-Кубенской впадине. Размеры верховых болот колеблются в очень широких пределах (от 1–2 до 120 тыс. га) [3]. Водно-минеральное питание верховых болот не связано с грунтовыми водами и осуществляется исключительно за счёт атмосферных осадков (включая и твердые в виде пыли), поэтому наиболее эффективно использовать именно сфагновые мхи для индикации атмосферного переноса микроэлементов и радионуклидов [2].

В целом, на территории Вологодской области данные по содержанию радионуклидов в сфагновых мхах отсутствуют. Хотя всё же отметим, что исследования распределения радиоактивных изотопов (стронций-90) в мохообразных были выполнены в конце 1950-х – начале 1960-х гг. на базе Дарвинского государственного заповедника [4]. Целью данной работы является оценка степени загрязнения сфагновых мхов верховых болот западной части Вологодской области искусственным радионуклидом цезий-137.

Отбор проб сфагновых мхов производился на верховых болотах Вологодской области в сентябре – октябре 2009 г. (табл.). Всего было отобрано 14 проб сфагновых мхов *Sphagnum fuscum*. Пробы отбирали вдали от источников локального загрязнения, в частности, на удалении не менее 1 км от населённых пунктов и не менее 150–200 м от просёлочных дорог. Для полного исключения естественных факторов (влияния грунтовых и поверхностных вод) на болотах выбирали высокие кочки и гряды. Для пробы снимали лишь самый верхний слой, не менее чем с 15–20 расположенных на некоем удалении кочек. Как правило, толщина слоя *Sphagnum fuscum* не превышала 5–10 см. Пробы мхов отбирали в химически чистые полиэтиленовые пакеты, используя одноразовые полиэтиленовые перчатки, и хранили в холодильнике до начала лабораторной обработки. В лаборатории пробы были очищены от примесей (иголки, веточки, остатки травянистых растений, фрагменты других мхов и лишайников) с помощью пластикового пинцета, высушены в сушильном шкафу при температуре 30–35°C. Для определения радиоактивности цезия-137 высушенные пробы сфагновых мхов озоняют в муфеле в течение 1 суток, постепенно повышая температуру до 500°C, и рассчитывают зольность. Радионуклид цезий-137 в золе определяют методом гамма-спектрометрии, регистрируя гамма-кванты с энергией 661,6 кэВ на гамма-спектрометре Canberra GR3818, оснащённом полупроводниковым детектором из сверхчистого германия с бериллиевым входным окном в Лаборатории радиохимии химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова [5]. Калибровку по энергии и эффективности выполняют, используя интеркалибровочные препараты МАРЕР 97S4 и QAP 9803 (vegetation) и сертифицированный стандартный препарат IAEA-315.

Таблица 1

Места отбора проб сфагновых мхов в западной части Вологодской области, их зольность и радиоактивность (А)

№ точки	Широта, с.ш.	Долгота, в.д.	Место	Зольность, %	А, Бк/кг
1	59°27,187'	40°30,977'	Сокольский район, болото Алексеевское-1	1,40	44,4
2	59°45,569'	38°24,124'	Кирилловский район, болото Соколье	1,57	100,8
3	60°54,294'	36°03,086'	Вытегорский район, близ д. Верх. Понизовье	2,39	45,3
4	61°01,923'	36°28,835'	Вытегорский район, болото Гладкое	3,38	32,7
5	61°16,892'	36°25,206'	Вытегорский район, болото Крестенское	1,42	54,6
6	60°50,184'	36°52,684'	Вытегорский район, близ п. Волоков Мост	1,79	103,1
7	60°31,918'	37°54,401'	Вашкинский район, близ д. Еськино	1,67	98,1
8	60°17,054'	37°57,838'	Вашкинский район, севернее с. Липин Бор	2,05	51,5
9	59°59,066'	37°17,467'	Белозерский район, у оз. Копозеро	1,31	57,9
10	59°30,802'	37°39,589'	Череповецкий район, близ д. Сокольниково	1,86	79,0
11	59°16,534'	37°00,806'	Кадуйский район, болото Большое	1,61	36,4
12	59°15,749'	35°59,866'	Бабаевский район, болото Шиглинское	1,87	76,3
13	59°04,991'	36°25,107'	Устюженский район, у оз. Трабиловское	1,65	73,4
14	59°05,203'	37°23,328'	Череповецкий район, южнее д. Елехово	2,04	106,7

Сфагновый мох *Sphagnum fuscum* в анализируемых пробах имеет сравнительно низкую зольность (от 1,31 до 3,38%, в среднем 1,86%). Низкая зольность сфагновых мхов связана со слабой обеспеченностью их элементами минерального питания растений на верховых болотах и замедленным биологическим круговоротом.

Радиоактивность цезия-137 в изученных пробах сфагнового мха варьировала от 32,7 до 106,7 Бк/кг сухого веса, составляя в среднем 68,6 Бк/кг при стандартном отклонении 26,0 Бк/кг (n=14 проб). Эти значения являются сравнительно низкими для северо-запада Европейской территории России, в то время как во многих точках в Карелии и Архангельской области активность цезия-137 в сфагновых мхах, поверхностном слое торфа и почв >200 Бк/кг [6].

Радиоактивность цезия-137 в сфагновых мхах Вологодской области находится на фоновом для Европы уровне и ниже, чем на западе Карелии, вблизи финской границы, и намного ниже значений, отмеченных в Финляндии и Швеции [6], т.к. в основном определяется перераспределением этого радионуклида, выпавшего из атмосферы в период ядерных испытаний конца 50-х – начала 60-х годов 20-го века и после аварии на Чернобыльской АЭС, а в Скандинавских странах выпадение продуктов аварии было значительно выше, чем на северо-западе Европейской территории России.

Авторы признательны академику А.П. Лисицыну за ценные советы. Работа была финансово поддержана Отделением наук о Земле РАН (проект “Наночастицы ...”) и грантами поддержки ведущих научных школ НШ-3714.2010.5 и НШ-618.2012.5.

Литература

1. Vinichuk M., Johanson K.J., Rydin H., Rosen K. The distribution of ¹³⁷Cs, K, Rb and Cs in plants in *Sphagnum*-dominated peatland in eastern central Sweden // Journal of Environmental Radioactivity. 2010. V. 101. P. 170–176.
2. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрель-2000, 1999. 768 с.
3. Природа Вологодской области / Гл. ред. Г.А. Воробьев. Вологда: Изд. Дом Вологжанин, 2007. 434 с.
4. Сапожников Ю.А., Алиев Р.А., Калмыков С.Н. Радиоактивность окружающей среды. Теория и практика. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. 286 с.
5. Поляков Ю.А., Криницкий В.В., Калишина Л.Н., Назарова Л.Ф. О распределении радионуклидов в природных объектах зоны Дарвинского заповедника // Труды Дарвинского государственного заповедника. Вологда: Северо-Западное книжное изд-во, 1973. Вып. XIII. Природные ресурсы Молого-Шекснинской низины. Радиоэкологические и физико-химические исследования почв и растений. С. 6–31.
6. Киселев Г.П., Крячюнас В.В., Киселева И.М. и др. Природная радиоактивность территории Европейского Севера и ее антропогенные изменения // Геоэкология. 2005. № 3. С. 205–218.

УДК 631. 551.2 551.495

МИГРАЦИЯ ФОСФОРА В СИСТЕМЕ ПОЧВА–ГРУНТОВЫЕ ВОДЫ В СЕЛЬСКИХ ЛАНДШАФТАХ ЛЕСНОЙ ЗОНЫ

Г.С. Шилькрот

Институт географии РАН, Москва, e-mail: gal-shilkrot@yandex.ru

Происходящие быстрые изменения в состоянии природной среды, несомненно, являются следствием интенсивного и разнообразного воздействия на неё антропогенного фактора, хотя в последнее время большое внимание уделяется также влиянию и климатического фактора. Оба эти фактора определяют современные процессы превращения и миграции веществ в ландшафтах. Пониманию же происходящего помогают в очень большой степени результаты многолетних ландшафтно-геохимических исследований, проводимых на ключевых объектах, иными словами, осуществление с определенными целями геохимического мониторинга состояния того или иного ландшафта.

Именно такие исследования проводит Институт географии РАН с 2001 г. в малонарушенной части бассейна Селигера, следя за миграцией веществ в составе речных и грунтовых вод с прибрежных сельских и лесных ландшафтов в Селижаровский, замыкающий, плес озера [1]. Антропогенное воздействие на среду идет здесь через селитьбу, с застроенных дачами прибрежных территорий, и через влияние неорганизованного туризма, что в совокупности может количественно и качественно изменять геохимические потоки в прибрежных ландшафтах.

Исследования включали проведение сезонных многолетних наблюдений за химическим составом речных и грунтовых вод (родников и колодцев). Выполнялись определения рН, минерализации воды по кондуктометру, содержания в ней основных ионов, минерального и органического фосфора, соединений азота, а также до 60 микроэлементов, включая токсичные тяжелые металлы.

Исследования первых же лет выявили необычный факт очень высокого содержания фосфора (до 8 мг/л) в воде одного из деревенских колодцев (дер. Панюки), в подножии берегового склона [1]. Причины высокого обогащения грунтовой воды фосфором были непонятны, так как отсутствовали источники непосредственного загрязнения её этим элементом. Тем более, что ранее исследователи отмечали, как правило, очень слабую миграцию фосфора из почв в грунтовые воды во всех сельских ландшафтах [2,3]. Понять происходящее в бассейне озера Селигер могло помочь слежение за содержанием фосфора и других элементов в водах указанного колодца и других на этой территории, а также расширение круга исследований в сельских

ландшафтах. Были обследованы сельские колодцы на разных берегах Селижаровского плеса озера Селигер, с разным положением их на береговом склоне, и, кроме того, естественные выходы подземных вод по левому берегу указанного плеса (дер. Осцы и Рогожа). Дополнительно отбирались пробы вод родников и колодцев в других местах: в Московской, Новгородской, Тверской и Калужской областях.

Результаты исследований в бассейне Селигера показали, что содержание фосфора в воде сельских колодцев и в воде родников очень сильно различается (табл.1). В сельских колодцах вода оказалось заметно обогащенной фосфором, но особенно высокое его содержание сохранялось во все годы в колодце дер. Панюки. Минимальное же содержание этого элемента наблюдалось в родниковых водах.

В грунтовых водах других сельских ландшафтов также часто оказывались повышенными концентрации фосфора, но отмечалось это как в колодцах, так и в родниках (табл.1). Обогащение грунтовых вод фосфором в сельских ландшафтах было явно связано с действием антропогенного фактора. Именно им объясняют повышение содержания фосфора в водах источников в приречных ландшафтах р. Волга ниже г. Тверь другие исследователи [4]. По их данным, в зависимости от уровня антропогенной нагрузки на территорию содержание фосфора (Р мин) в водах источников имеет разные уровни: 0,1-0,5 мг/л, 0,5-1,0 мг/л и более 1 мг/л.

Таблица 1

Содержание фосфора в грунтовых водах бассейна озера Селигер (объекты 1-3, количество наблюдений по каждому объекту 20 и более) и других сельских ландшафтов

Объект	рН	Сумма ионов, мг/л	Хлориды, мг/л	Рмин, мг/л
1. Родники	7,0-7,8	250-410	4-19	0,005-0,094
2. Колодцы	5,6-7,6	115-310	4-14	0,11-0,35
3. Колодец в д. Панюки	4,4-7,4	80-172	4-20	5,6-11,2
4. Колодец*	6,7	149**	3,6	1,54
5. Источник*	6,5	424**	23	0,063
6. Источник*	7,5	150**	3,6	0,125
7. Колодец*	6,2	108**	5,4	0,010
8. Источник*	7,1	300**	7,1	0,221
9. Источник*	7,2	339**	28	0,38
10. Источник*	7,0	545**	56	0,66
11. Колодцы*	6,5; 7,4	240**; 306**	10; 14	0,28; 0,45
12. Колодец*	7,0	298**	7,1	0,031

*- эпизодический отбор проб: 4.- д. Ореховка, Сосницкий плес оз. Селигер, 05.2011 г.; 5-Алексиевская пустынь, Переславль Залесский, 01.2011 г.; 6-оз. Ужин (Валдайское озеро), д.Ново-Троицы, Новгородская обл., 11.2011 г.; 7- д. Боброво, Тверская обл., 06.2011 г.; 8- Мураново, Московская обл., 07.2011 г.; 9- Радонеж, Московская обл., 10.2008 г.; 10- Сергиев Посад, Лавра, Московская обл., 10.2008 г.; 11- близ г. Зеленоград, Московская обл., весна 2009 г.; 12.д. Ермолино, близ Боровска, Калужская обл., 03.2011 г.

** - минерализация воды по кондуктометру, мг/л.

Из табл. 1 явствует, что почти во всех объектах исследования в бассейне Селигера содержание в грунтовых водах иона Cl^- , как показателя загрязнения, незначительное. Тогда как известно, что именно этот ион сопутствует загрязнению вод бытовыми стоками и минеральными удобрениями из пахотных угодий. Из приведенных в таблице данных также следует, что воды источников на берегах Селижаровского плеса в сравнении с водой колодцев наиболее минерализованные, но содержат минимальные концентрации фосфатного фосфора. В других же ландшафтах воды источников уже заметно обогащены подвижным фосфором

Результаты наших исследований в бассейне озера Селигер и в других районах позволяют связать факт обогащения грунтовых вод фосфором как с антропогенным загрязнением природной среды, так и с антропогенной активизацией процессов метаболизма в почвах, усиливающей миграцию этого элемента из его резерва в почвах, например, торфянистых, очень распространенных в лесной зоне, в грунтовые воды. В этом процессе можно видеть аналогично с происходящим активным выходом фосфора в водную массу озер из накопленного его резерва в донных иловых отложениях при антропогенном евтрофировании озер [5].

Определенным подтверждением сказанного о миграции фосфора из почв в грунтовые воды могут служить результаты исследований активности гетеротрофных бактерий в воде трех источников в районе Крылатские холмы, г. Москва [6]. Все три родника используются для питьевых целей. В их воде значение перманганатной окисляемости низкое и величины общей численности бактерий весьма близки. Однако один родник, отличающийся от остальных минимальным количеством евтрофных бактерий, выделяется и наименьшими концентрациями в воде фосфатов (0,05 мг/л Р).

Хорошим подтверждением усиления миграции фосфора в грунтовые воды в результате выщелачивания этого элемента из почвы может служить обнаруженная нами отчетливая направленность в изменении содержания ряда металлов, включая тяжелые, в ряду объектов грунтовых вод на водосборе Селижаровского плеса от родников к колодцам (табл. 2).

Из табл. 2 видно, как содержание всех, кроме Zn, металлов в грунтовых водах водосбора Селижаровского плеса понижается от родников к колодцам, но особенно резко в колодце д. Панюки. И, наоборот, содержание

Zn оказывается максимальным в колодце д. Панюки, повышенным в других колодцах и минимальным в родниках.

Таблица 2

Среднее содержание (мкг/л) характерных для грунтовых вод бассейна озера Селигер металлов в разных объектах (1-3) на водосборе Селижаровского плеса (n = 10 и > по каждому из объектов)

Элемент	1. Родники	2. Колодцы	3. Колодец в д.Панюки
Fe	498	356	106
Sr	218	99	71
Ti	102	44	13
Cr	12,3	5,2	1,4
Ba	32	24	2,5
U	0,4	0,1	0,03
Zn	2,6	18	74

Отсюда следует вывод, что в отличие от вод родников, не испытывающих заметного влияния процессов выщелачивания металлов и фосфора из почв и содержащих, соответственно, минимальные концентрации как фосфора, так и цинка, воды колодцев в сельских ландшафтах лесной зоны обогащаются как фосфором, так и цинком, выщелачивающихся из почв. Цинк попадает в почвы (и закрепляется в гумусовом горизонте) из атмосферных осадков, содержащих его, как было отмечено нами, в больших концентрациях [1].

Следовательно, повышенные концентрации фосфора и цинка в грунтовых водах могут служить индикаторами современной биогеохимической активности в системе почва-грунтовая вода, обусловленной в значительной степени действием антропогенного фактора. Но не исключается при этом и влияние на эти процессы в последние годы климатического фактора – изменения температурного режима почв.

Литература

1. Кудерина Т.М., Шилькрот Г.С. Мониторинг состояния озера Селигер в новых условиях природопользования //Теория и практика восстановления внутренних водоемов. (Сб. Трудов международной научно-практической конф., СПб, 15-18 октября 2007). СПб. Изд-во Лема. 2007. С. 224-230.
2. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М. Высшая школа. 1988. 324 с.
3. Шилькрот Г.С. Изменения химизма природных вод культурных ландшафтов //Изв. АН СССР, сер. географ., 1973, № 3. С. 42-50.
4. Ахметьева Н.П., Лапина Е.Е., Кудряшова В.В. Родники на водосборе Ивановского водохранилища //Природа. 2007. № 2. С. 66 –
5. Шилькрот Г.С. Биогеохимические процессы и потоки веществ и энергии в нарушенных водных экосистемах //Изв. РАН, сер. географ., 2008, № 3. С. 35-44.
6. Ильинский В.В., Шадрин Н.А., Комарова Т.И. Гетеротрофные бактерии городских родников: московский заповедник «Крылатские холмы» //Водные ресурсы, 2010, т. 37, № 4, С.494-501.

УДК550.4:543.63:627.157

ОСОБЕННОСТИ ГРУППОВОГО СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА РУСЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РЕКИ ПАХРЫ

Е.П. Янин

ГЕОХИ РАН, Москва, e-mail: yanin@geokhi.ru

Задача настоящего исследования заключалась в установлении группового состава органического вещества (ОВ) русловых отложений р. Пахры и особенностей его трансформации в зоне влияния г. Подольска – крупного промышленного центра Московской области. В природных условиях режим и водность Пахры, которая относится к восточно-европейскому типу рек с преимущественно снеговым питанием, типичны и нормальны для малых рек Центральной России. В последние десятилетия в водном питании Пахры важную роль играют отводимые в нее промышленно-бытовые сточные воды, являющиеся источником поставки в реку специфического осадочного материала, что обусловило формирование в ее русле нового типа русловых отложений – техногенных илов [1]. Основной сброс в Пахру сточных вод, образующихся в пределах Подольска, происходит с городских очистных сооружений по руч. Черному.

Отбор проб русловых отложений (слой 0–20 см) осуществлялся на следующих опорных участках р. Пахры: I – при входе в г. Подольск, II – центр города, III–VII – соответственно 2 км, 2,2 км, 2,4 км, 9 км и 15 км ниже устья руч. Черного, VIII – верховья реки (местный фон). В пределах фонового участка русло р. Пахры сложено преимущественно неплохо отсортированными песками [1]. В зоне влияния г. Подольска, где в аллювиальном седиментогенезе участвуют значительные массы техногенного осадочного материала, поступающего со сточными водами и поверхностным стоком с освоенных территорий, в русле Пахры развиты плохо отсортированные песчаные, мелкоалевритовые и крупноалевритовые техногенные илы. Илы отличаются от фонового аллювия своеобразным петрохимическим составом и высокими концентрациями

тяжелых металлов и других химических элементов.

Для последовательного извлечения из отложений основных групп ОВ использовалась следующая схема фазового анализа: 1) спиртобензольная смесь (1:1 по объему C_2H_5OH и C_6H_6 , экстракция в аппарате Сокслета в течение 20 час. при комнатной температуре). Считается, что данная вытяжка извлекает из отложений главным образом липиды (жиры, воски, смолы) [2]; 2) раствор пиррофосфата натрия (0.1 М $Na_2P_2O_7$, х $10H_2O$ с добавлением 0.1 н NaOH, экстракция в течение 12 час., pH ~ 13; обработка навески проводилась 3–6 раз до полного осветления раствора). Данная вытяжка извлекает из отложений в основном гумусовые кислоты, связанные с кальцием и с несиликатными формами железа и алюминия [3]. Разделение гуминовых (ГК) и фульвокислот (ФК) проводилось по методике [4]. Определение органического углерода ($C_{орг}$) осуществлялось методом И.В. Тюрина. Количество органического углерода в нерастворимом остатке ($C_{оов}$, характеризует остаточное ОВ, включающее глиногумусный гумин, лигнин и, в условиях загрязнения, техногенную органику) рассчитывалось вычитанием суммы органического углерода в спиртобензольной ($C_{лип}$) и в пиррофосфатной ($C_{гк} + C_{фк}$) вытяжках из общего содержания органического углерода ($C_{орг}$) в пробе.

Фоновый аллювий характеризуется невысоким содержанием ОВ ($C_{орг} = 0,65\%$), в составе которого преобладают гумусовые кислоты (81,8 % от $C_{орг}$); доля остаточного ОВ невелика (15,4 %), а липидов – ничтожна (1,5 %). Характерным является повышенное (по сравнению с подвижными ФК) содержание ГК, что указывает на очень высокую степень гумификации ОВ фоновых отложений (табл. 1). Техногенные илы отличаются от фонового аллювия существенно более высоким (в 2–4 раза) содержанием общего количества ОВ и принципиально иным соотношением (балансом) его основных групп. Наиболее резко в илах возрастают удельные концентрации остаточного ОВ (в 3–11 раз) и особенно липидов (в 6–59 раз) (табл. 2). В свою очередь, относительная доля липидов возрастает в техногенных илах до 10–20 % (против 1,5 % в фоновом аллювии), остаточного ОВ – до 27,3–48,6 % (против 15,4 %). Одновременно в техногенных илах наблюдается уменьшение относительной доли (при незначительном росте удельного содержания) гумусовых кислот (с 81,8 % в аллювии до 29,6–57,1 % в илах).

Таблица 1

Групповой состав ОВ русловых отложений р. Пахры

Участок	$C_{орг}$, в % от отложений	В % от $C_{орг}$				
		липиды	гумусовые кислоты			остаточное ОВ
			сумма	ФК	ГК	
I	1,38	4,4	43,5	22,5	21,0	52,1
II	1,52	6,6	50,0	34,2	15,8	43,4
III	1,71	9,9	32,2	21,1	11,1	57,9
IV	2,46	13,4	36,2	16,3	19,9	50,4
V	2,60	22,6	29,6	13,1	16,5	47,7
VI	1,65	20,0	46,7	26,7	20,0	33,3
VII	1,26	15,9	57,1	33,3	23,8	27,0
Среднее (II–VII)	1,87	14,7	41,9	24,1	17,9	43,3
VIII (фон)	0,65	1,5	81,8	39,4	42,4	16,7

Таблица 2

Интенсивность концентрирования ОВ в техногенных илах (в коэффициентах концентрации относительно содержания в фоновом аллювии)

Участок	$C_{орг}$	Липиды ($C_{лип}$)	Гумусовые кислоты			Остаточное ОВ ($C_{оов}$)
			сумма ($C_{гк}$)	ФК ($C_{фк}$)	ГК ($C_{гк}$)	
I	2,1	6	1,1	1,2	1	6,5
II	2,3	10	1,4	2	0,9	6,0
III	2,6	17	1,0	1,4	0,7	9,0
IV	3,7	33	1,6	1,5	1,8	11,3
V	3,9	59	1,4	1,3	1,5	11,3
VI	2,5	33	1,4	1,7	1,2	5,0
VII	1,9	20	1,3	1,6	1,1	3,1
Среднее (II–VII)	2,8	28	1,4	1,6	1,2	7,6

По мере удаления от г. Подольска в техногенных илах отмечается уменьшение общего содержания ОВ (в результате снижения главным образом труднорастворимой органики и ГК) и увеличение удельного содержания и относительной доли ФК. Это определяет изменение типа гумуса и степени гумификации ОВ отложений. Так, если фоновый аллювий, как отмечалось выше, характеризуется очень высокой степенью гумификации ОВ (как следствие его окислительного преобразования), что типично для рек и водоемов гумидной зоны, то техногенные илы отличаются менее выраженной степенью гумификации ОВ, что указывает на преобладание в условиях техногенеза восстановительных процессов (табл. 3). В свою очередь, если аллювий характеризуется фульватно-гуматным типом гумуса, то техногенные илы в ближней к источнику загрязнения зоне характеризуются фульватным типом гумуса (участки II–III), ниже по течению – гуматным (IV–V) и затем гуматно-фульватным (VI–VII) типом гумуса, что, очевидно, является отражением

существующей в русле пространственной дифференциации условий и процессов осадконакопления. В частности, не исключено, что в р. Пахре в пределах ближней зоны воздействия города (участки IV и V), где в техногенных илах отношение $C_{фк}/C_{гк} < 1$, а в составе поглощенных оснований преобладает кальций, получает определенное развитие гуматогенез [5], т. е. образование и накопление в илах (как следствие гидравлического осаждения взвеси сточных вод) устойчивых органоминеральных производных гумусовых веществ – гуматов кальция. Своеобразие состава ОВ техногенных илов и отличие последних от фонового аллювия наглядно подчеркиваются значениями геохимических коэффициентов (табл. 4). Показательно, что в техногенных илах (в отличие от фонового аллювия и других осадочных отложений) концентрации органического углерода ($C_{орг}$) существенно превышают содержание карбонатного углерода ($C_{карб}$), что свидетельствует о их важной роли в локальном геохимическом цикле органического углерода.

Таблица 3

Тип гумуса и степень гумификации ОВ русловых отложений р. Пахры

Участок	Тип гумуса		Степень гумификации	
	$C_{фк} / C_{гк}$	по [14]	$(C_{гк} / C_{орг}) \times 100 \%$	по [15]
I	0,93	Фульватно-гуматный	43,5	Очень высокая
II	0,46	Фульватный	50,0	Очень высокая
III	0,53	Фульватный	32,2	Высокая
IV	1,22	Гуматный	36,2	Высокая
V	1,26	Гуматный	29,6	Средняя
VI	0,75	Гуматно-фульватный	47,7	Очень высокая
VII	0,71	Гуматно-фульватный	57,1	Очень высокая
VIII (фон)	1,08	Фульватно-гуматный	81,8	Очень высокая

Таблица 4

Пространственное изменение значений геохимических коэффициентов в русловых отложениях р. Пахры

Участок	$C_{карб} / C_{орг}$	Оксиды Fe / $C_{орг}$	$Al_2O_3 / C_{орг}$	$CaO / C_{орг}$
I	0,6	1,7	4,9	3,3
II	1,0	2,2	4,5	4,1
III	0,9	1,8	4,1	2,8
IV	0,4	1,2	2,8	2,1
V	0,3	1,2	2,4	2,1
VI	0,6	1,8	3,3	3,0
VII	0,7	1,7	3,9	3,3
Среднее (II–VII)	0,7	1,7	3,5	2,9
VIII (фон)	1,3	3,1	6,7	6,3

Таким образом, техногенные илы отличаются от фонового аллювия не только более высоким удельным содержанием ОВ, но и принципиально иным соотношением его основных групп (увеличение доли липидов и трудногидролизуемого ОВ, уменьшение доли гумусовых кислот). Высокое содержание ОВ в илах обуславливает дополнительные расходы кислорода на его окисление, что способствует формированию в речном русле анаэробных (глиевых) условий, при которых усиливается миграционная подвижность металлов и их способность к обмену между отложениями и водой. Липиды, в значительных количествах присутствующие в илах и являющиеся наиболее лабильной частью ОВ, могут способствовать формированию подвижных, геохимически активных форм металлов, а повышенное содержание трудногидролизуемого ОВ – увеличению запасов их прочносвязанных форм. Все это обуславливает значимость илов как долговременного вторичного источника загрязнения водной массы и гидробионтов.

Литература

1. Янин Е.П. Техногенные илы в реках Московской области (геохимические особенности и экологическая оценка). М.: ИМГРЭ, 2004. 95 с.
2. Кононова М.М. Органическое вещество почвы. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 314 с.
3. Кононова М.М., Бельчикова Н.П. Ускоренные методы определения состава гумуса минеральных почв // Почвоведение. 1961. № 10. С. 75–87.
4. Пономарева В.В., Плотнокова Т.А. Методика и некоторые результаты фракционирования гумуса черноземов // Почвоведение. 1968. № 11. С. 104–117.
5. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа, 1988. 328 с.

Научное издание

Коллектив авторов

Доклады Всероссийской научной конференции
«Геохимия ландшафтов и география почв» (к 100-летию М. А. Глазовской)

Компьютерная верстка

И. В. Тимофеев

ISBN 978-5-89575-203-6



9 785895 752036

Формат

Гарнитура Times New Roman. Печать офсетная.

Объем 46 п. л. Тираж 300 экз. Заказ № 0281

Отпечатано в типографии МГУ
119991, ГСП-1, г. Москва,
Ленинские горы, д.1, стр. 15