

СОДЕРЖАНИЕ

Теория и методология

- Болысов С.И., Бредихин А.В., Еременко Е.А. Комплексная мелкомасштабная оценка геоморфологической безопасности России 3

География и экология

- Алексеевский Н.И., Заславская М.Б., Гончаров А.В. Методические подходы к изучению и параметризации качества воды 13
- Еремченко Е.Н., Тикунов В.С. Голографические возможности визуализации в географии 22
- Вихрёв О.В., Ткаченко А.А., Фомкина А.А. Системы сельского расселения и их центры (на примере Тверской области) 30
- Ле Хунг Чинь, Тарасов М.К. Методика определения концентрации взвеси в поверхностных водах водохранилища Чи Ан (Вьетнам) по данным дистанционного зондирования 38

Региональные исследования

- Савоскул М.С. Эмиграция из России в страны дальнего зарубежья в конце XX–начале XXI века 44
- Антонов Е.В. Трудовая мобильность населения России по данным Всероссийской переписи 2010 года 54
- Махрова А.Г., Медведев А.А., Нефедова Т.Г. Садово-дачные поселки горожан в системе сельского расселения 64
- Аверкиева К.В., Землянский Д.Ю. Структура занятости сельского населения в Центральном Черноземье 75
- Агафонова С.А., Василенко А.Н., Фролова Н.Л. Факторы образования ледовых заторов на реках бассейна Северной Двины в современных условиях 82
- Новенко Е.Ю., Мироненко И.В., Волкова Е.М., Куприянов Д.А., Батанова А.К. Динамика ландшафтов Юго-Восточной Мещеры в голоцене 91
- Варюшин П.С., Тихоцкая И.С. Территориальные факторы электорального поведения в Японии и США 102

Хроника

- Юбилей Казахстанского филиала МГУ имени М.В.Ломоносова в г. Астана 112
- Юбилей 114
- Потери науки 115

CONTENTS

Theory and methodology

- Bolysov S.I., Bredikhin A.V., Eremenko E.A. Integral small-scale assessment of the geomorphologic safety of Russia 3

Geography and ecology

- Alexeevsky N.I., Zaslavskaya M.B., Goncharov A.V. Methodological approaches to water quality investigation and parameterization 13
- Eremchenko E.N., Tikunov V.S. Holographic visualization in geography 22
- Vikhryov O.V., Tkachenko A.A., Fomkina A.A. Rural settlement systems and their centres (case study of the Tver oblast) 30
- Le Hung Trinh, Tarasov M.K. Evaluation of suspended matter concentrations in surface water of the Tri An water reservoir (Viet Nam) using the remote sensing data 38

Regional studies

- Savoskul M.S. Emigration from Russia to the non-CIS countries during the late 20th – the early 21st century 44
- Antonov E.V. Labor mobility of the population in Russia (according to the 2010 All-Russian Census data) 54
- Makhrova A.G., Medvedev A.A., Nefedova T.G. Gardening and dacha communities of urban dwellers in the rural settlement system 64
- Averkieva K.V., Zemlyansky D.Yu. Employment pattern of rural population in the central Chernozem area 75
- Agafonova S.A., Vasilenko A.N., Frolova N.L. The present-day factors of ice jam formation on the rivers of the Severnaya Dvina River basin 82
- Novenko E.Yu., Mironenko I.V., Volkova E.M., Kupriyanov D.A., Batanova A.K. Dynamics of landscapes of the South-Eastern Meshchyora during the Holocene 91
- Varyushin P.S., Tikhotskaya I.S. Territorial factors of electoral behavior in Japan and the USA 102

Chronicle

- Jubilee of the Kazakhstan branch of the Lomonosov Moscow State University (Astana, Kazakhstan) 112
- Jubilee* 114
- Obituary* 115

ТЕОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ

УДК 551.4.08

С.И. Болысов¹, А.В. Бредихин², Е.А. Еременко³

КОМПЛЕКСНАЯ МЕЛКОМАСШТАБНАЯ ОЦЕНКА ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ

Для бесконфликтного функционирования природных и природно-техногенных систем территории России необходимо стратегическое планирование типов природопользования, основанное, с одной стороны, на результатах комплексной оценки природных (в том числе геоморфологических) рисков, а с другой – на оценке степени безопасности территории для разных видов хозяйственной деятельности. Интенсивность и направленность процессов морфолитогенеза определяют степень устойчивости социально-геоморфологических систем, а в итоге – степень геоморфологической безопасности территории для разных видов природопользования или для хозяйственного освоения в целом.

Для оценки геоморфологической безопасности предложен интегральный показатель, рассчитываемый по совокупности показателей свойств рельефа и обстановки рельефообразования с учетом их значимости для разных видов природопользования. Предложенная методика комплексной оценки рельефа для целей природопользования позволяет на качественном уровне оценить перспективность освоения и эколого-экономическую эффективность разных типов хозяйствования для конкретной территории с точки зрения реальных и потенциальных геоморфологических угроз. С помощью рассчитанного интегрального показателя можно выявить территории, нуждающиеся в мониторинге и контроле за функционированием природно-хозяйственных систем. Представленные результаты комплексной оценки геоморфологической безопасности России на федеральном уровне могут быть использованы для обоснования стратегических проектных решений, создания региональных рейтингов благоприятности инвестиционного климата и пр.

Ключевые слова: степень геоморфологической безопасности, интегральный показатель, оценка рельефа для целей природопользования.

Введение. На современном этапе развития геоморфологической науки остро обозначилась необходимость разработки универсальной концептуальной основы эффективного использования рельефа в хозяйственной деятельности. Во второй половине прошлого столетия геоморфологи вплотную подошли к проблеме прогноза, оценки риска и опасности процессов рельефообразования – эти вопросы разрабатывались на стыке динамической и инженерной геоморфологии. Важным итогом стало оформление новой прикладной отрасли – экологической геоморфологии. В работах отечественных геоморфологов (Д.А. Тимофеев, Ю.Г. Симонов, В.И. Кружалин, Э.А. Лихачева, А.Н. Ласточкин, В.П. Чичагов и др.) достигнуты значительные результаты в оценке геоморфологического фактора в структуре и функционировании хозяйства. В то же время наряду с достигнутыми успехами в области региональной оценки и прогноза отдельных процессов рельефообразования наметилась необходимость разработать единый комплексный показатель, характеризующий отношение между интенсивностью морфолитогенеза в целом и эффективностью хозяйствования (природопользования) через понятия

«риск» и «ущерб». Особенно это важно при подготовке и передаче результатов инженерно-геоморфологических и эколого-геоморфологических исследований конкретным потребителям, не обладающим специальным понятийным и методическим геоморфологическим аппаратом.

Вследствие сложного взаимодействия рельефа и общества сформировалась социально-геоморфологическая система – базовая составляющая социально-природных систем [Кружалин и др., 2004]. Природопользование («совокупность всех форм эксплуатации природно-ресурсного потенциала и мер по его сохранению» [Реймерс, 1990]) – лишь одна из сторон развития социума в процессе его взаимодействия с природными компонентами вообще и с рельефом в частности. Наряду с собственно ресурсной одной из базовых составляющих процесса природопользования является безопасность. С точки зрения системного подхода под безопасностью понимают такое состояние системы, при котором действие внешних и внутренних факторов не приводит к ухудшению системы или невозможности ее функционирования [Заплатинский, 2006].

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, профессор, докт. геогр. н.; e-mail: sibol1954@bk.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, заведующий, профессор, докт. геогр. н.; e-mail: avbredikhin@yandex.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, вед. науч. с., канд. геогр. н.; e-mail: eremenkoeaig@gmail.com

Общепринятое определение понятия «безопасность» отсутствует как в научных работах, так и в действующей нормативно-правовой документации Российской Федерации. В частности, в Федеральном законе «О безопасности» (от 28 декабря 2010 г. № 390-ФЗ) определение этого понятия не приводится, в то время как в утратившей силу предыдущей редакции этого закона (от 5 марта 1992 г. № 2446-1-ФЗ) такое определение было. Под безопасностью понималось «состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз», а к основным объектам безопасности были отнесены «личность – ее права и свободы; общество – его материальные и духовные ценности; государство – его конституционный строй, суверенитет и территориальная целостность». Действующий в настоящее время Федеральный закон «О безопасности» в том же ключе рассматривает сущность понятия «безопасность» и определяет основные принципы и содержание деятельности по обеспечению разных видов безопасности (безопасность государства, общественная безопасность, экологическая безопасность, безопасность личности и пр.) (ст. 1, «О безопасности»).

В сфере наук о Земле безопасность нередко рассматривается как понятие, противостоящее риску, т.е. такое состояние объекта, при котором риск для него или от него не превышает приемлемый уровень или вовсе отсутствует [Мягков, 1995]. В самом общем понимании «безопасность» – понятие, противоположное опасности. В зависимости от природы объекта (личность, социум, хозяйство) степень безопасности определяет устойчивость его развития, а в случае с природопользованием – его эффективность. Эколого-экономическая эффективность природопользования представляет собой отношение полученной прибыли к суммарной величине экологических и экономических затрат, т.е. чем больше это отношение, тем выше эколого-экономическая эффективность хозяйствования. Основным критерием эколого-экономической эффективности природопользования следует считать минимизацию затрат по эксплуатации, добыче и воспроизводству ресурсов с учетом экологических издержек. Иными словами, природопользование эффективно тогда, когда потребности социума удовлетворены, ущерб природной среде минимизирован, сохранены жизнь и здоровье людей.

С этих позиций под геоморфологической безопасностью природопользования следует понимать такое состояние социально-геоморфологических систем, которое отражает степень эффективности их функционирования (в частности, природопользования) с точки зрения свойств рельефа. Таким образом, разным степеням защищенности (безопасности) соответствует разная потенциальная эффективность природопользования. Оценка геоморфологической безопасности территории (ГБТ) – актуальная задача, решение которой на этапе стратегического планирования любой хозяйственной деятельности позволит в будущем минимизировать ущерб от чрезвычайных ситуаций различной природы, существенно

повысить эколого-экономическую эффективность природопользования. Степень геоморфологической безопасности зависит от множества факторов и условий, среди них как морфологические и динамические свойства рельефа, так и свойства обстановки рельефообразования – тектонические, геологические, ландшафтно-климатические, антропогенные и пр. Сложность комплексной оценки заключается в необходимости учитывать большое число качественных и количественных критериев (отдельных показателей), не аддитивных, имеющих разную размерность и природу. В связи с этим наиболее рациональный способ передачи информации о качестве (пригодности) территории в отношении различных видов природопользования – комплексный показатель, позволяющий ранжировать разные по масштабу объекты: страны, регионы, точечные объекты, проводить сравнительный анализ, оценивать возможные риски на качественном уровне [Болысов и др., 2014]. Кроме того, сама внутренняя структура комплексного показателя при необходимости может быть предметом анализа. Во второй половине XX в. методы комплексной оценки получили широкое развитие в рамках квалиметрии [Азгальдов, Райхман, 1973] и активно используются в географических науках, поскольку позволяют наглядно выразить свойства среды, определяемые комплексом разнообразных факторов и условий [Злотина, Чалов, 1996; Битюкова, 2010; Готванский, Лебедева, 2010; Битюкова, Кириллов, 2011; Панин и др., 2014; Лихачева и др., 2015].

Материалы и методы исследований. Комплексная оценка геоморфологической безопасности территории может быть разномасштабной – мелкомасштабной, или *федеральной, глобальной* (мельче 1:1 000 000); среднемасштабной, или *региональной* (1:200 000–1:1 000 000); крупномасштабной, или *локальной* (крупнее 1:200 000), но всегда целевой (проводится для конкретного типа природопользования или на федеральном и глобальном уровнях – для хозяйственного освоения в целом). В основе разработанной методики комплексной оценки рельефа лежит причинно-следственная взаимосвязь обстановки рельефообразования (условий и факторов развития рельефа) с интенсивностью геоморфологических процессов (морфолитогенеза). Спектр и интенсивность характерных для территории геоморфологических процессов (многие из которых могут быть неблагоприятны и опасны для хозяйства) определяются сочетанием разнообразных факторов и условий развития рельефа. Таким образом, отсутствие информации о пространственном распределении и интенсивности геоморфологических процессов, что необходимо для оценки эффективности природопользования, можно восполнить посредством учета условий и факторов развития этих процессов.

Процедура комплексной оценки ГБТ включает шесть основных этапов: 1) выбор значимых показателей обстановки морфолитогенеза; 2) определение диапазонов изменения показателей, их ранжирование

и приведение к балльной шкале; 3) введение квалитетических коэффициентов (весов) для каждого показателя (с целью учета специфики разных типов природопользования и значимости каждого параметра обстановки); 4) расчет интегрального показателя геоморфологической безопасности для каждой территориальной единицы; 5) нормирование полученных значений интегрального показателя и выделение диапазонов их изменения; 6) представление результатов комплексной оценки в виде карт и/или схем.

Набор и число значимых показателей обстановки (или критериев) определяются масштабом оценки. В частности, при мелкомасштабной оценке учитываются критерии, для которых характерна вариабельность на федеральном или региональном уровне. Например, учитываются сейсмическая интенсивность и значения коэффициента увлажнения. При крупномасштабной оценке вариабельность некоторых параметров в пределах изучаемой территории может резко снизиться или вообще отсутствовать, что позволит исключить эти параметры из перечня значимых. В то же время в крупном масштабе появятся новые значимые свойства среды, не учитываемые при мелком масштабе оценки, например, крутизна, форма и экспозиция склонов.

Ранжирование подразумевает выстраивание частных значений свойства в некую последовательность в порядке изменения значимости при конкретной оценке. Так, ранжирование показателя глубины эрозионного расчленения (в метрах) при оценке геоморфологической безопасности территории заключается в выстраивании значений от наименьшего к наибольшему, что отражает общую тенденцию к снижению безопасности и увеличению рисков. Показатели обстановки морфолитогенеза имеют различные единицы измерения, а некоторые из них – качественные. В связи с этим следующий необходимый шаг – приведение выделенных рангов по каждому показателю к общей единице измерения – баллам. При этом для исключения неоправданного увеличения весомости отдельных факторов максимальное число баллов по разным показателям должно быть одинаковым (например, шкала для всех показателей может быть пятибалльной, десятибалльной и т.д.).

Разные типы природопользования предъявляют, как правило, разные требования к рельефу и в свою очередь по-разному на него влияют. Многие свойства рельефа лимитируют развитие тех или иных отраслей хозяйства или же, напротив, способствуют увеличению эффективности хозяйствования. Для учета специфики каждого типа природопользования, а также значимости для них отдельных параметров среды необходимо введение квалитетических (весовых) коэффициентов для всех значимых показателей. Присвоение весов отдельным показателям может быть выполнено разными способами, в том числе методом экспертного оценивания (методом Дельфи) [Азгальдов, Райхан, 1973; Ковалев, Волкова, 2002; Королев, 2007; Панин и др., 2014].

Важнейший шаг при комплексной оценке ГБТ – выбор территориальной единицы. Географическое пространство включает социально-геоморфологические системы разного ранга. В основе их организации лежит иерархия отношений между природопользованием и неровностями земной поверхности. Для того чтобы корректно оценить интенсивность морфолитогенеза, за основу при выделении территориальных единиц оценки следует принимать именно геоморфологические границы. В зависимости от масштаба оценки это могут быть границы морфоструктурных зон, комплексов, форм или элементов рельефа.

Расчет комплексного показателя ГБТ ($\Pi_{\text{ГБТ}}$) для каждого территориального выдела основан на суммировании частных значений отдельных показателей, умноженных на их вес, осреднении полученных произведений в рамках каждой выделенной группы свойств (морфологических, геологических, ландшафтно-климатических и др.) и суммировании полученных значений:

$$\Pi_{\text{ГБТ}} = \frac{k_1 A_1 + \dots + k_n A_n}{N} + \frac{l_1 B_1 + \dots + l_m B_m}{M} + \dots, \quad (1)$$

где N – число значимых показателей в первой группе свойств; M – число значимых показателей во второй группе свойств; $A_1 \dots A_n$ – баллы по каждому из N показателей в первой группе свойств; $B_1 \dots B_m$ – баллы по каждому из M показателей во второй группе свойств; $k_1 \dots k_n$ – веса для каждого из N показателей в первой группе свойств, $l_1 \dots l_m$ – веса для каждого из M показателей во второй группе свойств.

Для нормирования полученного ряда значений показателя ГБТ используется метод логарифмического масштабирования, предложенный в работах В.Р. Битюковой [Битюкова, 2010; Битюкова, Кириллов, 2011]. Результат комплексной оценки геоморфологической безопасности территории – карта, на которой отображены участки, отличающиеся по степени эффективности того или иного вида природопользования с точки зрения свойств рельефа (участки с разными значениями интегрального показателя ГБТ).

К настоящему времени предложенная методика опробована на серии конкретных разномасштабных и разноцелевых примеров [Еременко и др., 2015а, б].

Комплексные оценки разного масштаба, как правило, востребованы потребителями – от местных органов самоуправления и частных компаний (при крупном масштабе оценки) до крупных государственных проектных организаций и министерств (при оценках среднего и мелкого масштаба).

Комплексная мелкомасштабная карта (1:30 000 000) оценки геоморфологической безопасности территории России – пример исследования на федеральном уровне, результаты которого актуальны для целей стратегического планирования и сравнительной характеристики регионов; такие карты, кроме того, позволяют выявить зоны потенциально высокого геоморфологического риска для отдель-

ных видов природопользования в масштабе страны в целом.

В качестве основы для выделения территориальных единиц использована карта морфоструктур и морфоскульптур России и прилегающих морей масштаба 1:15 000 000 [Рельеф Земли..., 1967; Национальный атлас..., 2006]. В пределах России выделено для оценки 328 элементарных территориальных единиц, каждая из которых характеризуется сравнительной однородностью геоморфологического устройства, сходной интенсивностью и направленностью процессов морфолитогенеза.

В качестве значимых и отвечающих масштабу оценки выбраны следующие свойства обстановки морфолитогенеза (объединены в четыре группы): морфологические – средняя абсолютная высота местности и средняя глубина эрозионного расчленения согласно модели $gtor30$ (открытые данные на электронном ресурсе www.usgs.gov); тектонические – сейсмическая интенсивность (в баллах шкалы MSK-64), по [Уломов, 1998]; геологические – литологический состав и физико-механические свойства горных пород, залегающих с поверхности, по [Геологическая..., 1995; Милановский, 1996]; наличие многолетнемерзлых грунтов и их температура, по [Национальный атлас..., 2006]; ландшафтно-климатические – коэффициент увлажнения (среднегодовое количество атмосферных осадков, деленное на испаряемость), по [Исаченко, 1985], а характер растительного покрова – по [Национальный атлас..., 2006]. Выбранные показатели составляют основу характеристики среды развития процессов морфолитогенеза, в то же время в характере их распределения не обнаруживается значимая взаимная корреляция (значение коэффициента корреляции в подавляющем большинстве случаев соответствует слабой силе связи и изменяется в диапазоне от 0,3 до -0,3). Каждый показатель ранжирован и приведен к четырехбалльной шкале, где баллу 1 соответствует значение показателя, при котором достигается наивысший уровень геоморфологической опасности (низший уровень защищенности или безопасности природопользования) (таблица).

Диапазоны изменения каждого показателя определены индивидуально с учетом увеличения интенсивности морфолитогенеза при изменении показателей. В частности, выделение диапазонов изменения средней абсолютной высоты местности и средней глубины эрозионного расчленения основано на зависимости энергии процессов морфолитогенеза от абсолютной и относительной высоты. Выделены равнинные территории: от 0 до 200 м – низменные равнины, от 200 до 500 м – возвышенные равнины, от 500 до 2500 м – низкогорья и среднегорья, а к наименее безопасным условиям отнесены высокогорья (в связи с ростом суммарной энергии процессов морфолитогенеза) и низменности с абсолютной высотой <0 м. При выделении диапазонов изменения сейсмической интенсивности учитывалось влияние вероятных сейсмических событий на развитие геоморфологических процессов. В част-

ности, существенные изменения рельефа отмечаются при землетрясениях интенсивностью >8 баллов, а катастрофические – при 10-балльных сейсмических событиях. Как правило, землетрясения с интенсивностью <5 баллов не приводят к изменению рельефа, а при землетрясениях с интенсивностью 6–7 баллов – изменения крайне незначительны.

Литологический состав поверхностных отложений и горных пород непосредственно влияет на интенсивность процессов выветривания и денудации – чем выше контактная прочность пород и модуль общей деформации, тем в целом выше устойчивость рельефа при прочих равных условиях. В соответствии с этой закономерностью породы разного литологического состава расположены в таблице от наиболее прочных грунтов (слабовыветрелых магматических и метаморфических пород) к слабым (рыхлым осадочным, засоленным и органогенным породам). Температура многолетнемерзлых грунтов на уровне нулевой годовой амплитуды напрямую отражает степень устойчивости массива пород по отношению к внешнему воздействию – чем она выше, тем больше вероятность активизации таких неблагоприятных и опасных геоморфологических процессов, как термокарст, термоэрозия и пр.

Диапазон изменения температуры принят в соответствии с изменением спектра характерных для территории мерзлотных процессов и явлений при ее увеличении, а также с учетом рекомендаций для газотранспортного строительства [Прачев, Зайцева, 2011]. Диапазон изменения коэффициента увлажнения установлен с шагом 0,6. Наибольшая вероятность проявления опасных геоморфологических процессов характерна для регионов со значениями коэффициента увлажнения <0,1 (аридные области, где осадки выпадают редко, но с высокой интенсивностью) и >1,8 (гумидные области с большой общей суммой атмосферных осадков), поэтому эти диапазоны значений сведены в единую градацию (1 балл). Растительный покров существенно влияет на интенсивность морфолитогенеза, главным образом через увеличение или снижение величины суммарной денудации. В зависимости от сплошности растительного покрова, его состава и особенностей корневых систем выделены группы типов растительности в порядке уменьшения их удерживающего влияния на чехол поверхностных отложений.

Для определения значений квалитетических коэффициентов (весов) для каждого показателя проведен опрос 32 экспертов-геоморфологов. Арифметическим осреднением частных оценок получены весовые коэффициенты для каждого из 7 показателей для разных типов природопользования и хозяйственного освоения в целом. К настоящему времени разработана серия классификаций природопользования, основанных на разных принципах деления [Басаликас, 1977; Зворыкин, 1993; Рунова и др., 1993].

При выделении ведущих типов природопользования в России в мелком масштабе в основу деления был положен принцип функциональности [Басаликас, 1977]: типы выделены по преобладающей

Балльная оценка показателей при расчете комплексного показателя геоморфологической безопасности

Показатель	Диапазоны изменения показателя	Балл	Весовой коэффициент для мелкомасштабной оценки				
			для хозяйственного освоения в целом	для селитебных и промышленных земель	для районов массовой горнодобычи	для земельного	для лесного, пастбищного и охотхозяйства
Средняя абсолютная высота местности, м	0–200	4	1,0	0,6	0,5	0,7	0,6
	200–500	3					
	500–2500	2					
	>2500, <0	1					
Средняя глубина эрозионного расчленения (средняя глубина вреза речных долин), м	0–50	4	0,9	0,7	0,4	0,8	0,6
	50–500	3					
	500–1000	2					
	>1000	1					
Сейсмическая интенсивность в баллах шкалы MSK-64 (по карте ОСР-97D), балл	≤5	4	1,0	0,8	0,7	0,3	0,3
	6–7	3					
	8–9	2					
	≥10	1					
Литологический состав и физико-механические свойства горных пород, залегающих с поверхности	Коренные магматические и метаморфические слабо-выветрелые	4	0,8	0,6	0,8	0,8	0,5
	Коренные осадочные некарбонатные слабо- и средне-выветрелые	3					
	Рыхлые обломочные осадочные, сильновыветрелые магматические, метаморфические и осадочные некарбонатные	2					
	Рыхлые глинистые, карбонатные осадочные, органогенные, самосадочные соли	1					
Многолетняя мерзлота (температура на уровне нулевой годовой амплитуды, $T_{\text{ср}}$), °C	Отсутствует	4	0,9	0,8	0,7	1,0	0,5
	$T_{\text{ср}} \leq -5$	3					
	$T_{\text{ср}} = -1 \div -5$	2					
	$T_{\text{ср}} = +3 \div -1$	1					
Коэффициент увлажнения	0,1–0,6	4	0,8	0,4	0,3	0,9	0,7
	0,6–1,2	3					
	1,2–1,8	2					
	<0,1; >1,8	1					
Характер растительного покрова	Леса (тайга, широколиственные и пр.) и лесостепи	4	0,7	0,3	0,2	0,8	0,9
	Степи и лесотундры, разреженные горно-таежные леса	3					
	Тундры, сухие степи, полупустыни	2					
	Пустыни (в том числе высокогорные и арктические), болота	1					

функции (форме) использования земель. Согласно этому принципу на изучаемой территории выделены участки: 1) селитебной и промышленного использования; 2) массовой горнодобычи; 3) земледелия (пахотные угодья); 4) лесные, охотничьи и пастбищные угодья. Границы ареалов распространения разных типов природопользования определялись согласно сведениям, приведенным в Национальном атласе России [Национальный атлас..., 2008], скорректированным по данным дешифрирования материалов дистанционного зондирования с ресурса Google Earth (космические снимки высокого разрешения, находящиеся в открытом доступе).

Каждый выделенный тип по-разному влияет на рельеф и процессы морфолитогенеза, а также в разной степени уязвим с точки зрения геоморфологических опасностей и рисков, что отражено в значениях весовых коэффициентов (таблица).

Результаты исследований и их обсуждение. С использованием описанной методики выполнен расчет комплексного показателя ГБТ по формуле (1) для хозяйственного освоения территории России в целом. Полученные частные значения показателей ГБТ для всех территориальных единиц сгруппированы методом оптимизации Дженкса (методом естественных границ) в 5 классов, соответствующих разной степени эффективности хозяйствования. На основе анализа полученных результатов выявлены следующие закономерности (рис. 1).

В пределах равнинной части России крайне низкие значения показателя ГБТ характерны для районов развития многолетней мерзлоты, особенно островной (Ямальская, Надымская, Пур-Тазовская,

Печорская низменности), районов со сравнительно высокой сейсмической интенсивностью (Центральная Якутская, Вилюйская низменности, Ставропольская возвышенность) и сравнительно высокими средними значениями глубины эрозионного расчленения (Тиманский, Донецкий кряжи). Эти территории характеризуются наименьшей эффективностью с точки зрения перспективного хозяйственного освоения. Высокими значениями показателя ГБТ характеризуются пластовые равнины (Ишимская, Тобольско-Тавдинская, Вятско-Камская, Степной Крым и др.), аккумулятивные низменные равнины Предкавказья. С точки зрения потенциальных геоморфологических угроз хозяйственная деятельность любого рода будет здесь более эффективной.

При оценке горных территорий установлено, что низкие показатели ГБТ характерны для районов современного и четвертичного вулканизма (вулканические горы Камчатки и Курильских островов), районов с высокой сейсмической интенсивностью (глыбовые горы и нагорья Центрального и Восточного Забайкалья, глыбово-складчатые высокогорья Большого Кавказа и др.). Сравнительный анализ горных регионов позволяет выявить территории, более перспективные с точки зрения освоения и/или дальнейшего использования (Урал, плато Путорана и др.).

На следующем этапе составлена схема преобладающих типов природопользования на территории России в соответствии с обозначенным принципом функциональности. Для каждого полученного контура выполнен расчет показателя ГБТ для заклю-

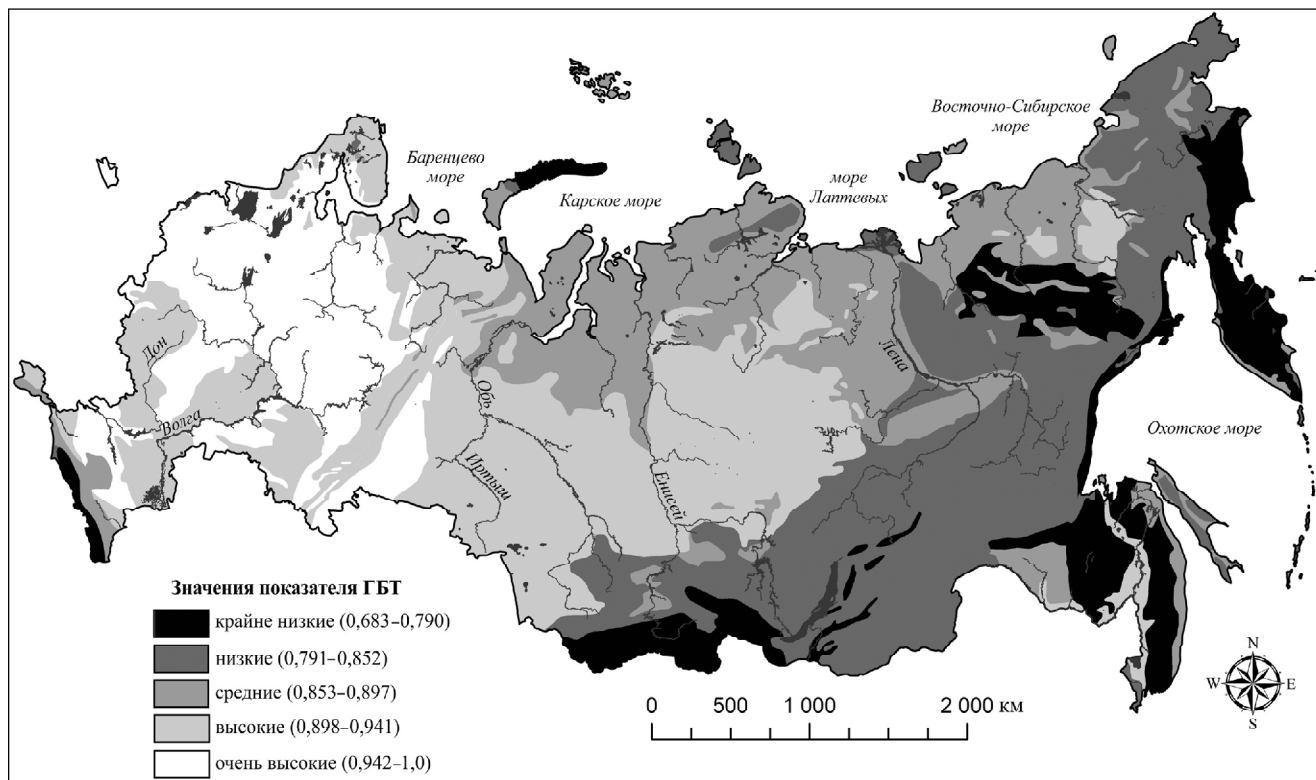


Рис. 1. Результаты комплексной оценки геоморфологической безопасности территории России для хозяйственного освоения в целом
Fig. 1. The results of the integral assessment of geomorphologic safety of Russia for the overall economic development

ченных в его пределах элементарных территориальных единиц с использованием соответствующих каждому типу природопользования весовых коэффициентов. Полученные значения показателей ГБТ для каждого типа природопользования в отдельности сгруппированы методом оптимизации Дженкса в 5 классов, соответствующих разной степени эффективности каждого типа использования земель.

Результаты комплексной целевой оценки рельефа отображены на карте (рис. 2) и позволяют заключить, что наиболее безопасно размещены (с точки зрения вероятности ущерба для хозяйства от действия опасных геоморфологических процессов) се-

падной Сибири, где частота проявления и интенсивность опасных геоморфологических процессов сравнительно высокие, в результате чего здесь происходит существенное удорожание строительства и эксплуатации объектов [Мягков, 1995].

Сравнительный анализ показывает, что районы старого освоения (на европейской территории России) в целом более гармонично вписаны в рельеф, чем сибирские регионы. На юге Западной и Восточной Сибири, а также Дальнего Востока крупные селитебные центры тяготеют к ресурсным областям, которым присуща низкая степень геоморфологической безопасности. Целевая оценка

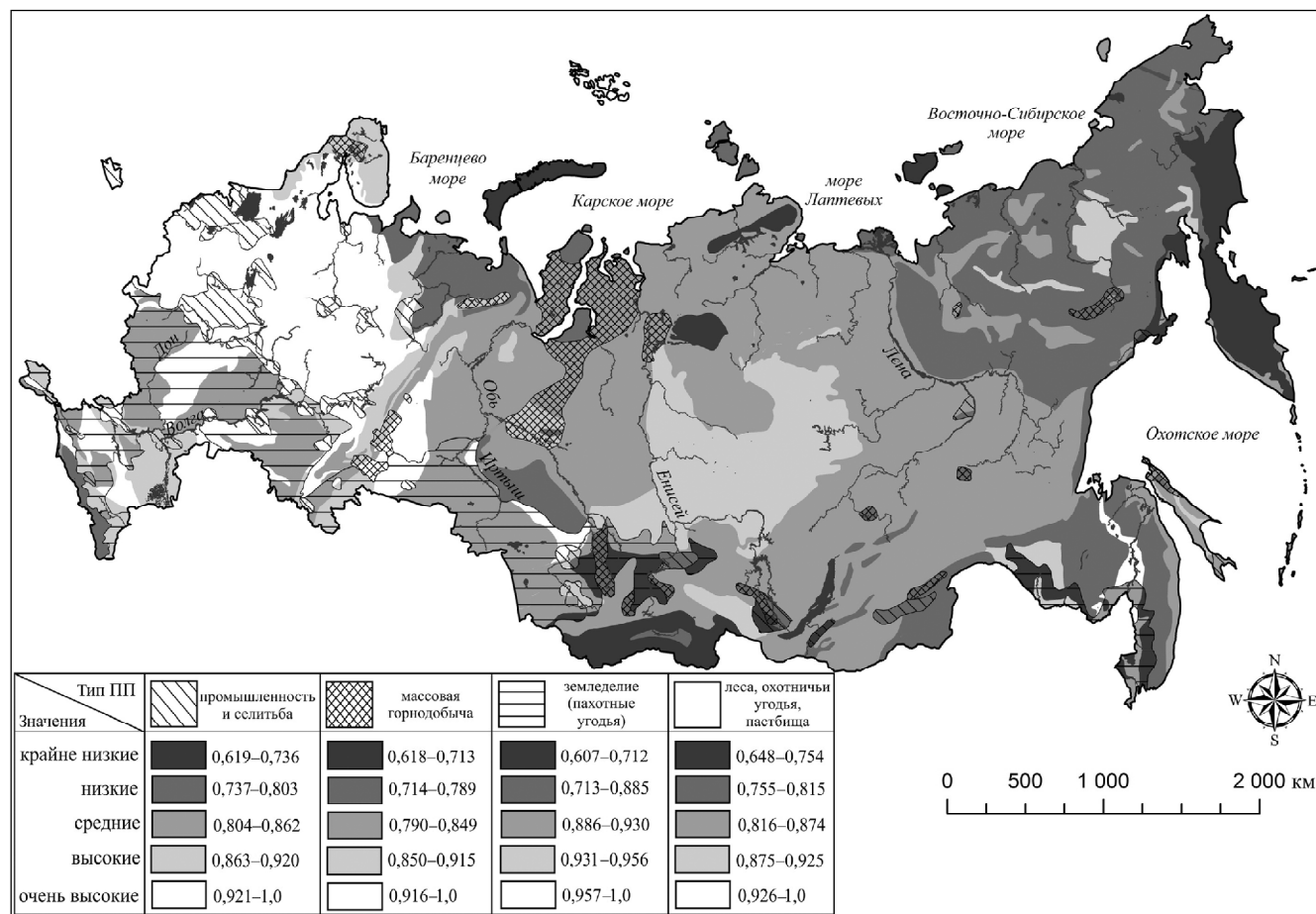


Рис. 2. Результаты комплексной оценки геоморфологической безопасности территории России для основных типов природопользования (см. в таблице значения показателя геоморфологической безопасности для разных типов природопользования)

Fig. 2. The results of the integral assessment of geomorphologic safety of Russia for the principal types of present-day land use. The table shows the values of the complex index of geomorphologic safety for different types of land use

литебные и промышленные земли, а также пахотные угодья, в то время как районы массовой горнодобычи приурочены к менее безопасным участкам. Низкий уровень геоморфологической безопасности в районах массовой горнодобычи связан с приуроченностью месторождений полезных ископаемых либо к горным сильнорасчлененным территориям с высокой сейсмической интенсивностью, либо к участкам развития многолетнемерзлых грунтов. Так, наименьшая эколого-экономическая эффективность с точки зрения свойств рельефа свойственна горнодобывающим областям Прибайкалья и севера За-

рельефа позволяет выявить территории с разной эколого-экономической эффективностью ведущего типа природопользования с точки зрения геоморфологических угроз. Участки с низкими значениями комплексного показателя ГБТ нуждаются в повышенном внимании при проектировании и мониторинге природно-хозяйственных систем, они же относятся к районам с максимальным числом чрезвычайных ситуаций природного происхождения [Мягков, 1995].

Выводы:

— методика комплексной оценки рельефа с использованием интегрального показателя геоморфологичес-

кой безопасности позволяет на качественном уровне оценить перспективность освоения и эффективность разных типов природопользования для конкретной территории с точки зрения реальных и потенциальных геоморфологических угроз. С помощью расчетного интегрального показателя можно выявить территории, нуждающиеся в мониторинге и контроле за функционированием природно-хозяйственных систем. Результаты оценки позволяют обоснованно проводить сравнительную характеристику регионов по степени уязвимости в отношении деятельности процессов морфолитоге-неза. Разработанная методика комплексной целевой оценки рельефа ориентирована на повышение эффективности хозяйствования и, наряду с прочими приемами качественной оценки природных (в том числе геоморфологических) опасностей и рисков, может быть использована для целей стратегического управления природопользованием;

– по результатам выполненной комплексной мелкомасштабной оценки рельефа для целей хозяйствования можно заключить, что к наиболее безопасным территориям (с точки зрения реальных и потенциальных геоморфологических угроз) для хозяйственного освоения в целом относятся центральная и северная части Восточно-Европейской равнины, Зауральская и Азово-Кубанская равнины. Наименее безопасны по тем же соображениям горные районы Дальнего Востока (Корякское нагорье, п-ов Камчатка, Сихотэ-Алинь, хр. Черского, Буреинский хребет), межгорные котловины Забайкалья, Алтайские горы и Большой Кавказ;

– результаты целевой оценки рельефа позволяют выделить территории, где селитебное и промышленное природопользование будут наиболее эффективны и геоморфологически безопасны (Азово-Кубанская равнина, центральная часть Восточно-Европейской равнины), а также территории, где этот тип хозяйствования более всего подвержен геоморфологическим опасностям разного рода (южное побережье Крыма, северные предгорья Большого Кавказа, межгорные котловины и впадины Саян и Забайкалья). Для районов массовой горнодобычи тоже характерна разная степень геоморфологической безопасности – наиболее высокие значения интегрального показателя характерны для Уральского региона, а также для центральной части Западно-Сибирской равнины; наименьшие – для Прибайкалья и Забайкалья, северной части Западно-

Сибирской равнины и др. Наиболее безопасно с точки зрения реальных и потенциальных геоморфологических угроз расположены пахотные угодья в пределах Окско-Донской, Зауральской и Азово-Кубанской равнин. Наименьшие значения показателя геоморфологической безопасности характерны для пахотных угодий Ставропольской возвышенности, а также для Салаирского кряжа и Кузнецкого Алатау. Для целей пастбищного, лесного и охотничьего хозяйства наиболее геоморфологически безопасны центральная и северная части Восточно-Европейской равнины и Среднесибирское плоскогорье; наименее безопасны – плато Путорана, Большой Кавказ и Алтай, горы Камчатки, Сихотэ-Алинь;

– в некоторых случаях (особенно в условиях дефицита времени) экспресс-оценку геоморфологической безопасности территории можно выполнить по упрощенной схеме – по принципу «лимитирующего фактора». Тогда выделяются территории, заведомо опасные из-за наличия или потенциальной возможности какого-либо опасного геоморфологического процесса (или комплекса неблагоприятных процессов), и относительно геоморфологически безопасными признаются территории вне этого ареала;

– результаты комплексной оценки геоморфологической безопасности России на федеральном уровне могут быть использованы для обоснования стратегических проектных решений, создания региональных рейтингов благоприятности инвестиционного климата и пр. Установленные закономерности изменения показателя ГБТ в общих чертах отражают интенсивность современных процессов морфолито-генеза и степень геоморфологического риска (под геоморфологическим риском понимается вероятность ущерба, связанного с действием опасных и неблагоприятных геоморфологических процессов, а под ущербом – оцененные в физических единицах стоимости потери от действия опасных процессов, в данном случае геоморфологических);

– представление результатов в виде цифровых показателей удобно для восприятия неспециалистами и понятно потребителям геоморфологической информации. Комплексная оценка рельефа для целей природопользования актуальна не только для органов государственного управления, но и для частных землепользователей, заинтересованных в повышении эффективности хозяйствования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Азгальдов Г.В., Райхман Э.П. О квалитетрии. М.: Изд-во стандартов, 1973. 172 с.

Басаликас А.Б. Отображение социально-экономических и природных факторов в функционально направленной антропогенизации ландшафтов (на примере Литвы) // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1977. № 1. С. 108–115.

Битюкова В.Р. Эволюция региональной структуры экологической ситуации в России 1990–2008 гг. Ч. 1. Методика комплексной оценки экологической ситуации // Экология и промышленность России. 2010. № 9. С. 2–9.

Битюкова В.Р., Кириллов П.Л. Методы комплексной оценки региональных различий экологической напряжен-

ности в России // Региональные исследования. 2011. № 1. С. 56–69.

Большов С.И., Бредихин А.В., Еременко Е.А. Основы концепции геоморфологической безопасности // Экзогенные рельефообразующие процессы: результаты исследований в России и странах СНГ: Мат-лы XXXIV пленума Геоморфологической комиссии РАН. Волгоград, 2014. С. 19–25.

Геологическая карта России и прилегающих акваторий. Масштаб 1:10 000 000 / Под ред. Р.И. Соколова, Б.Г. Лопатина, И.М. Гашева. СПб.: ФГУП «ВСЕГЕИ», 1995.

Готванский В.И., Лебедева Е.В. Влияние природных и антропогенных факторов на напряженность геоморфологических

процессов на Дальнем Востоке // Геоморфология. 2010. № 2. С. 26–36.

Еременко Е.А., Беляев Ю.Р., Бредихин А.В., Болысов С.И. Комплексная оценка геоморфологической безопасности полуострова Ломоносова (Японское море) для целей строительства / Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт нефтегорска. Т. 2. Владивосток: Дальнаука, 2015а. С. 311–315.

Еременко Е.А., Беляев Ю.Р., Болысов С.И. и др. Геоморфологическая безопасность территорий сельскохозяйственного назначения (на примере северной части Подольского района Московской области) // Геоморфологические ресурсы и геоморфологическая безопасность: от теории к практике: Всеросс. конф. VII Щукинские чтения. М.: МАКС Пресс. 2015б. С. 564–568.

Заплатинский В.М. Терминология науки о безопасности // Zbornik prispevkov z mednarodnej vedeckej konferencie «Bezpečnostna veda a bezpečnostne vzdelanie». Liptovský Mikuláš, AOS v Liptovskom Mikuláši, 2006.

Зворыкин К.В. Географическая концепция природопользования // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1993. № 3. С. 3–15.

Злотина Л.В., Чалов Р.С. Интегральная оценка экологического состояния европейской территории России // Проблемы оценки экологической напряженности европейской территории России: факторы, районирование, последствия. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1996. С. 117–123.

Исаченко А.Г. Ландшафты СССР. Л.: Изд-во ЛГУ, 1985. 320 с.

Ковалев В.В., Волкова А.Н. Анализ хозяйственной деятельности предприятия. М.: ТК Велби, 2002. 424 с.

Королев В.А. Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем / Под ред. В.Т. Трофимова. М.: КДУ, 2007. 416 с.

Кружалин В.И., Симонов Ю.Г., Симонова Т.Ю. Человек, общество, рельеф: основы социально-экономической геоморфологии. М.: Диалог культур, 2004. 120 с.

Кузьмин С.Б. Оценка геоморфологической опасности и риска хозяйственного освоения горных территорий // География и природные ресурсы. 1999. № 2. С. 36–41.

Кузьмин С.Б. Опасные геоморфологические процессы и риск природопользования. Новосибирск: ГЕО, 2009. 195 с.

Лихачева Э.А., Шварев С.В., Аникина Н.В. Геоморфологическая оценка территориальных ресурсов Новой Москвы // Геоморфология. 2015. № 1. С. 77–87.

Милановский Е.Е. Геология России и ближнего зарубежья (Северной Евразии). М.: Изд-во Моск. ун-та, 1996. 448 с.

Мягков С.М. География природного риска. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995. 224 с.

Национальный атлас России. Т. 2. Природа и экология. М.: ФГУП «Госгисцентр», 2006. 495 с.

Национальный атлас России. Т. 3. Население. Экономика. М.: ФГУП «Госгисцентр», 2008. 496 с.

Панин А.Н., Тикунов В.С., Фуриц М.А. Геоинформационное обеспечение туризма в России: подходы, методы, технология. М.: Диалог культур, 2014. 80 с.

Прачев С.В., Зайцева Е.И. Опыт строительства полиэтиленовых газопроводов в условиях вечной мерзлоты // Газ России. 2011. № 1. С. 68–69.

Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 639 с.

Рельеф Земли (морфоструктура и морфоскульптура) / Отв. ред. И.П. Герасимов, Ю.А. Мещеряков. М.: Наука, 1967. 330 с.

Рунова Т.Г., Волкова И.Н., Нефедова Т.Г. Территориальная организация природопользования. М.: Наука, 1993. 208 с.

Уломов В.И. Общее сейсмическое районирование территории России и сопредельных стран – ОСР-97 (комплект карт). М.: ОИФЗ, 1998. 28 с.

Поступила в редакцию 08.10.2015

Принята к публикации 25.01.2016

S.I. Bolysov¹, A.V. Bredikhin², E.A. Eremenko³

INTEGRAL SMALL-SCALE ASSESSMENT OF THE GEOMORPHOLOGIC SAFETY OF RUSSIA

Non-conflicting functioning of natural and natural-technogenic systems in Russia requires the strategic planning of nature management, which should be based on both the results of complex assessment of natural risks (including geomorphologic ones) and the evaluation of territorial sustainability for different types of economic activity. The type and intensity of landform morphology transformation within a particular area determine the degree of stability of the socio-geomorphologic systems, and, as a result, the degree of geomorphologic safety of the territory. A complex index is suggested for the assessment of geomorphologic safety, which aggregates multiple indicators of landform morphology and relief formation features with due account of their importance for different types of nature management. The proposed algorithm of relief total evaluator for the nature management purposes allows a qualitative assessment of the prospects of development and the ecological-economic efficiency of different types of nature management for a particular territory in terms of real and potential geomorphologic threats. Application of the integral index makes it possible to indicate territories which require monitoring and control of the functioning of nature-economic systems. The results of the integral assessment of the geomorphologic safety of Russia could be used as a basis for the elaboration of strategic decisions at the federal level, rating the regions according to the favorability of the investment environment, etc.

Keywords: the degree of geomorphologic safety, complex index, assessment of relief for the nature management purposes

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geomorphology and Palaeogeography, Professor, D.Sc. in Geography; e-mail: sibol1954@bk.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geomorphology and Palaeogeography, Professor, D.Sc. in Geography; e-mail: avbredikhin@yandex.ru

³ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geomorphology and Palaeogeography, Leading Research Scientist, PhD. in geography; e-mail: eremenkoea@gmail.com

REFERENCES

- Azgal'dov G.V., Rajhman Je.P.* O kvalimetrii [Qualimetry]. Moscow, Izdatel'stvo standartov, 1973. 172 p. (in Russian).
- Basalik A.B.* Otobrazhenie social'no-jekonomicheskikh i prirodnykh faktorov v funktsional'no napravlennoy antropogenizatsii landshaftov (na primere Litvy) [Reflection of the socio-economic and environmental factors in the functional areas of anthropogenic landscapes (the example of Lithuania)], *Izvestiya AN SSSR, Ser. geogr.*, 1977, no 1, pp. 108–115 (in Russian).
- Bitjukova V.R.* Jevoljucija regional'noj struktury jekologicheskoy situatsii v Rossii 1990–2008 gg. Chast' 1. Metodika kompleksnoj ocenki jekologicheskoy situatsii [The evolution of the regional structure of the environmental situation in Russia in 1990–2008. P. 1: Methods of a complex assessment of the environmental situation], *Jekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2010, no 9, pp. 2–9 (in Russian).
- Bitjukova V.R., Kirillov P.L.* Metody kompleksnoj ocenki regional'nykh razlichij jekologicheskoy naprjazhennosti v Rossii [Methods for a complex assessment of regional differences in ecological tension in Russia], *Regional'nye issledovaniya*, 2011, no 1, pp. 56–69 (in Russian).
- Bolysov S.I., Bredihin A.V., Eremenko E.A.* Osnovy koncepcii geomorfologicheskoy bezopasnosti [The concept of geomorphological security], *Jekzogennyye rel'efoobrazuyushchie processy: rezul'taty issledovaniy v Rossii i stranah SNG. Materialy XXXIV Plenuma Geomorfologicheskoy komissii RAN*, Volgograd, 2014, pp. 19–25 (in Russian).
- Eremenko E.A., Beljaev Ju.R., Bredihin A.V., Bolysov S.I.* Kompleksnaya ocenka geomorfologicheskoy bezopasnosti poluostrova Lomonosova (Japonskoe more) dlja celej stroitel'stva [Complex assessment of geomorphological safety of Lomonosov Peninsula (Japanese Sea) for the purpose of construction], *Geodinamicheskie processy i prirodnye katastrofy. Opyt Neftegorsk. Vol. 2*, Vladivostok, Dal'nauka, 2015a, pp. 311–315 (in Russian).
- Eremenko E.A., Beljaev Ju.R., Bolysov S.I.* idr. Geomorfologicheskaya bezopasnost' territorij sel'skohozjajstvennogo naznacheniya (na primere severnoj chasti Podol'skogo rajona Moskovskoj oblasti) [Geomorphological safety of agricultural land (the example of the northern part of Podolsky District)], *Geomorfologicheskie resursy i geomorfologicheskaya bezopasnost': ot teorii k praktike: Vserossiyskaya konferenciya VII Shhukinskie chteniya*, Moscow, MAKSPress, 2015b, pp. 564–568 (in Russian).
- Geologicheskaya karta Rossii i priliegajushhih akvatorij* [Geological map of Russia and the adjacent seas]. Mashtab 1:10 000 000, pod red. R.I. Sokolova, B.G. Lopatina, I.M. Gasheva, FGUP «VSEGEI», 1995 (in Russian).
- Gotvanskij V.I., Lebedeva E.V.* Vlijanie prirodnykh i antropogennykh faktorov na naprjazhennost' geomorfologicheskikh processov na Dal'nem Vostoke [Influence of natural and anthropogenic factors on the intensity of geomorphological processes in the Far East of Russia], *Geomorfologiya*, 2010, no 2, pp. 26–36 (in Russian).
- Isachenko A.G.* Landshafty SSSR [Landscapes of the USSR], Leningrad, Izd-vo LGU, 1985, 320 p. (in Russian).
- Korolev V.A.* Monitoring geologicheskikh, litotekhnicheskikh i jekologo-geologicheskikh sistem [Monitoring of geological, litotechnical and ecological and geological systems], Pod red. V.T. Trofimova, Moscow, KDU, 2007, 416 p. (in Russian).
- Kovalev V.V., Volkova A.N.* Analiz hozjajstvennoj dejatel'nosti predpriyatij [Analysis of economic activity of the enterprise], Moscow, TK Velbi, 2002, 424 p. (in Russian).
- Kruzhalin V.I., Simonov Ju.G., Simonova T.Ju.* Chelovek, obshchestvo, rel'ef: osnovy social'no-jekonomicheskoy geomorfologii [Society, the relief: foundations of the socio-economical geomorphology], Moscow, Dialog kul'tur, 2004, 120 p. (in Russian).
- Kuz'min, S.B.* Ocenka geomorfologicheskoy opasnosti i riska hozjajstvennogo osvoeniya gornyykh territorij [The assessment of geomorphological hazards and risks of the economic development within mountain areas], *Geografija i prirodnye resursy*, 1999, no 2, pp. 36–41 (in Russian).
- Kuz'min S.B.* Opasnye geomorfologicheskie processy i risk prirodopol'zovaniya [Hazardous geomorphological processes and the risk of land-use], Novosibirsk, GEO, 2009, 195 p. (in Russian).
- Lihacheva Je.A., Shvarev S.V., Anikina N.V.* Geomorfologicheskaya ocenka territorial'nykh resursov Novoy Moskvy [Geomorphological assessment of the territorial resources of New Moscow], *Geomorfologiya*, 2015, no 1, pp. 77–87 (in Russian).
- Milanovskij E.E.* Geologiya Rossii i blizhnego zarubezh'ja (Severnoj Evrazii) [Geology of Russia and adjacent territories (Northern Eurasia)], Moscow, Izd-vo MGU, 1996, 448 p. (in Russian).
- Mjagkov S.M.* Geografija prirodnogo riska [The geography of natural risks], Moscow, Izd-vo MGU, 1995, 224 p. (in Russian).
- Nacional'nyj atlas Rossii. Vol. 2. Priroda i jekologiya* [The National Atlas of Russia. Vol. 2. The nature and ecology], Moscow, FGUP «Gosgiszentr», 2006, 495 p. (in Russian).
- Nacional'nyj atlas Rossii. Vol. 3. Naselenie. Jekonomika* [The National Atlas of Russia. Vol. 3. Population. Economy], Moscow, FGUP «Gosgiszentr», 2008, 496 p. (in Russian).
- Panin A.N., Tikunov V.S., Furshchik M.A.* Geoinformacionnoe obespechenie turizma v Rossii: Podhody, metody, tehnologiya [Databases for tourism in Russia: approaches, methods, technology], Moscow, Dialog kul'tur, 2014, 80 p. (in Russian).
- Prachev S.V., Zajceva E.I.* Opyt stroitel'stva polijetilenovykh gazoprovodov v usloviyah vechnoj merzloty [Experience in construction of polyethylene pipelines in the permafrost], *Gaz Rossii*, 2011, no 1, pp. 68–69 (in Russian).
- Rejmers N.F.* Prirodopol'zovanie: slovar'-spravochnik [Land-use (dictionary)], Moscow, Mysl', 1990, 639 p. (in Russian).
- Rel'ef Zemli (morfostruktura i morfoskul'ptura)* [Relief of the Earth (morphostructure and morphosculpture)], otv. red. I.P. Gerasimov, Ju.A. Meshherjakov, Moscow, Nauka, 1967, 330 p. (in Russian).
- Runova T.G., Volkova I.N., Nefedova T.G.* Territorial'naya organizaciya prirodopol'zovaniya [Territorial organization of land-use], Moscow, Nauka, 1993, 208 p. (in Russian).
- Ulomov V.I.* Obshee sejsmicheskoe rajonirovanie territorii Rossii i sopredel'nykh stran – OSR-97 (komplekt kart) [General seismic zoning of Russia and neighboring countries (set of maps)], Moscow, OIFZ, 1998, 28 p. (in Russian).
- Zaplatskiy V.M.* Terminologiya nauki o bezopasnosti [Safety: terminology], *Zbornik prispevkov z medzinarodnej vedeckej konferencie «Bezhecnostna veda a bezpeecnostne vzdelanie»*. Liptovsky Mikulas, AOS v Liptovskom Mikulasi, 2006 [in Slovak].
- Zlotina L.V., Chalov R.S.* Integral'naya ocenka jekologicheskogo sostojaniya Evropejskoj territorii Rossii [Complex assessment of the ecological state of the European territory of Russia], *Problemy ocenki jekologicheskoy naprjazhennosti Evropejskoj territorii Rossii: faktory, rajonirovanie, posledstvija*, Moscow, Izd-vo MGU, 1996, pp. 117–123 (in Russian).
- Zvorykin K.V.* Geograficheskaya koncepcija prirodopol'zovaniya [The geographical concept of land-use], *Vestnik MGU, Ser. 5, Geografija*, 1993, no 3, pp. 3–15 (in Russian).

Received 08.10.2015

Accepted 25.01.2016

ГЕОГРАФИЯ И ЭКОЛОГИЯ

УДК 504.4.054

Н.И. Алексеевский¹, М.Б. Заславская¹, А.В. Гончаров²

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ И ПАРАМЕТРИЗАЦИИ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Рассмотрены проблемы формирования и изменения качества поверхностных вод с точки зрения неблагоприятного влияния их химического состава на возможность и эффективность водопользования, здоровье населения и экологическое благополучие водных биоценозов. Показано, что при изучении экологического благополучия водных объектов и определении безопасных и эффективных условий водопользования необходимо использовать разные подходы к оценке качества воды (геохимические, биологические, санитарно-гигиенические, водохозяйственные). Каждый из них обеспечивает оценку влияния соответствующих факторов на степень токсичности поверхностных вод и их пригодности для водопользования. Кратко охарактеризованы современные доктрины изучения качества воды и роль гидрологических факторов в ухудшении (или улучшении) гидрохимического состояния водных объектов. Определена роль речного стока и его составляющих (сток воды, наносов, химических веществ, живого вещества, теплоты), а также энергии водных потоков в трансформации химического состава поверхностных вод. Проанализированы современные методы параметризации качества воды с учетом изменчивости гидрологических характеристик для определения условий изменения безопасности населения, водопользования и водных биоценозов.

Ключевые слова: качество воды, параметризация, гидрологические факторы, водное хозяйство, речной сток, формирование и изменение качества воды.

Введение. Проблема формирования и изменения качества воды относится к междисциплинарным и исключительно сложным. Вопросам параметризации качества воды уделяется большое внимание во многих странах мира. В США аналогичными работами занимается Агентство по охране окружающей среды (ЕРА), в обязанности которого входит публикация разработанных стандартов и критериев качества вод [Code..., 2005]. При этом в последние годы здесь усиливается тенденция учета региональных особенностей состава и качества вод, возрастает роль биологических методов [Plafkin et al., 1989; Metzeling et al., 2006].

С принятием Рамочной водной директивы ЕС [European..., 2000] в европейских странах произошло существенное изменение системы нормирования – переход от оценки качества воды по отдельным видам водопользования к экологическому нормированию на основе показателей ненарушенного (фоновое) состояния воды [Buffagni et al., 2001]. В то же время во многих европейских странах есть свои стандарты качества природных вод, некоторые из которых рассмотрены ниже.

Избыточное содержание химических веществ в воде или их дефицит, наличие в воде болезнетворных бактерий – фактор негативного изменения здоровья населения. Изменение физических, химических,

биологических и гидрологических характеристик определяет экологические условия развития водных биоценозов.

Под качеством воды понимается характеристика ее состава и свойств, определяющая пригодность воды для хозяйственных целей [Охрана..., 1984]. Постепенно это определение трансформировалось, поскольку здоровье населения и экологические условия биотопов водных объектов – не менее значимая функция качества воды. Однако даже учет дуализма термина «качество воды» не позволяет считать качество воды количественной характеристикой. Эта проблема связана как с многофакторностью изменения потребительских и экологических свойств речных вод, так и с исключением из рассмотрения или ограниченным учетом гидрологических факторов в формировании и изменении качества воды. Только в случае наличия гидрологического базиса можно увязывать состав и свойства природных вод с особенностями ландшафтных условий водосборных территорий и их изменением под влиянием хозяйственной деятельности [Алексеевский, 1993, 2004]. Это позволяет обоснованнее определять доминирующие процессы формирования качества воды и оценивать их роль в пороговом изменении воздействия гидрохимического состояния водных объектов на безопасность населения и вод-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра гидрологии суши, доцент, канд. геогр. н.; e-mail: m.zasl@mail.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра гидрологии суши, вед. науч. с., канд. биол. н.; e-mail: mama15333@mail.ru

ных экосистем, возможность и эффективность водопользования. Рассмотрим некоторые методические возможности использования такого подхода к изучению и параметризации качества воды.

Материалы и методы исследований. Существуют различные направления при изучении процессов формирования и трансформации качества воды: геохимическое, биологическое, санитарно-гигиеническое, водохозяйственное и гидрологическое.

В основе геохимической концепции [Никаноров, 2005] лежит идея о соответствии между содержанием химических элементов в воде и их кларками в земной коре с учетом различий миграционной способности этих элементов. В зависимости от типа и других особенностей горных пород, а также ландшафтной среды изменяются направленность и интенсивность физико-химических процессов и соответствующих изменений химического состава природных вод. Эта концепция допускает независимость влияния рассмотренных факторов на качество воды от гидрологических изменений, поскольку изучаемые процессы (реакции) продолжают непрерывно и занимают более длительные интервалы времени по сравнению с изменчивостью гидрологических событий.

Биологическая доктрина формирования качества воды учитывает зависимость видового разнообразия и биопродуктивности водных биоценозов от абиотических и, в частности, от гидрохимических факторов, т.е. чем лучше качество воды, тем больше видовое разнообразие и сбалансированность продукционно-деструкционных процессов. Гидрологические факторы рассматриваются в качестве фона, на котором изменяются направленность и интенсивность биологических процессов. Лишь в редких случаях учитывается изменение количества воды в руслах рек, обеспеченность характерных расходов и уровней воды.

В большей степени гидрологические факторы учитываются при санитарно-гигиеническом подходе к оценке качества воды. В этом случае рассматривается зависимость качества воды не только от содержания в воде тех или иных химических компонентов, но и от ее мутности, температуры, органолептических характеристик. Большее или меньшее отклонение этих характеристик от государственных стандартов, соответствующих отсутствию условий для возникновения болезней населения, связанных с некачественной водой, рассматривается в качестве основного подхода к параметризации качества воды.

Водохозяйственная концепция формирования и изменения качества воды базируется в основном на представлениях о техногенном механизме ее изменения. Бассейны водных объектов рассматриваются в качестве совокупностей сосредоточенных и диффузных источников загрязняющих веществ. Сосредоточенные источники этих веществ относительно просто контролируются и учитываются при решении разнообразных водохозяйственных и гидроэкологических задач, результат решения которых

связан с оценкой качества воды ниже расположения водовыпусков сточных вод. Что касается диффузных источников химических и иных примесей, то учет их влияния на потребительские качества речных вод – камень преткновения для нескольких поколений специалистов в области качества воды. Главная причина этой проблемы заключается в неосознанном игнорировании гидрологических закономерностей формирования составляющих речного стока, методов гидрологических расчетов для неизученных или малоизученных рек.

Базовой основой для изучения процессов формирования и изменения качества воды может стать концепция речного стока (геостока). Со времен С.Д. Муравейского [Муравейский, 1960] под речным стоком понимается совокупность стока воды, наносов, химических веществ и теплоты. Важное значение имеет включение в состав геостока биологического компонента, а также гидравлической энергии водных потоков, способной влиять на трансформацию основных видов веществ, транспортируемых совместно с водой [Алексеевский, 2004]. Если учесть, что каждый из этих видов стока зависит от среднего содержания в воде химических веществ, мутности воды, содержания в воде живого вещества, температуры за некоторый интервал времени, то оказывается, что процесс стока учитывает все факторы, изменение которых влияет на качество воды. Самое главное – при таком подходе перечисленные факторы рассматриваются в тесной связи с изменяющимся количеством воды, находящейся на участке реки в данный момент времени, в конкретный сезон года или в среднем за год, десятилетие и т.п. Этот момент исключительно важен, поскольку он в явном виде учитывает влияние процессов разбавления на качество воды.

При прочих равных условиях увеличение водности рек приводит к снижению содержания в воде химических веществ, в частности в масштабах многолетней изменчивости гидрологических характеристик. На фоне подобного изменения одних характеристик качества воды другие характеристики могут изменяться под влиянием природных процессов и хозяйственной деятельности по иному закону, позволяющему оценивать генетическую значимость разных факторов формирования состава и свойств речных вод. Сезонная изменчивость стока воды также находится в явном временном соответствии с изменением характеристик качества воды в локальных створах рек и на их протяженных участках.

Изменение химического состава речных вод в разные фазы водного режима отражает связь между содержанием растворенных веществ и расходами воды (рис. 1) [Заславская, Ефимова, 2007; Фадеев и др., 1971]. Химический состав речных вод в отдельные фазы гидрологического режима определяется преобладанием вод одного из трех генетических типов – склонового, почвенного или грунтового, с разным содержанием в них консервативных и неконсервативных веществ. В межень, когда в

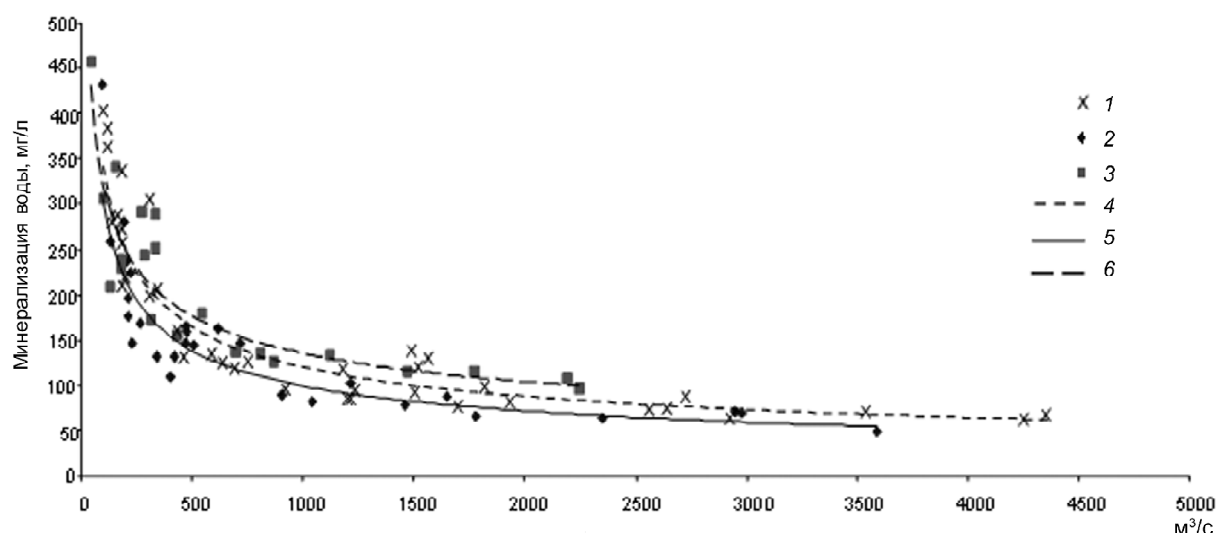


Рис. 1. Связь минерализации и расхода воды для р. Онега (с. Порог) за 1961–1976 (1, 4), 1955–1958 (2, 5) и 1936–1954 гг. (3, 6)

Fig. 1. The relationship of salt content and water discharge in the Onega River (the Porog settlement) for 1961–1976 (1, 4), 1955–1958 (2, 5) and 1936–1954 (3, 6)

русле реки преобладают грунтовые воды, при малых расходах наблюдаются максимальные величины минерализации и содержания главных ионов, что, как правило, характерно и для других консервативных характеристик химического состава речных вод. Затем по мере поступления талых вод в виде склонового стока, что сопровождается увеличением расходов воды, содержание этих показателей резко уменьшается. По мере поступления почвенных и почвенно-грунтовых вод минерализация воды опять возрастает, достигая максимума при преобладании грунтового стока. Подобная схема процесса наблюдается и при формировании стока биогенных и органических веществ, относящихся к неконсервативным гидрохимическим характеристикам, с той разницей, что соотношение их содержания в различные фазы стока противоположно тому, которое наблюдается для неконсервативных. Анализ изменчивости параметров этой связи – реальный путь к изучению генетических причин изменения химического состава речных вод.

При наличии такой информации появляются предпосылки для определения химического стока, изменчивости среднего содержания компонентов химического состава воды, дающего интегральное представление о роли хозяйственной деятельности в изменении потребительских свойств водных ресурсов территории. Это единственный объективный путь для определения «норм» сезонной интенсивности диффузных источников химических веществ. На их основе можно уточнить понятие «загрязнение», говорить о масштабе этого процесса по сравнению с природными сезонными флуктуациями содержания в воде тех или иных химических веществ, выполнять балансовые исследования для оценки пространственной изменчивости содержания в воде субстанций, определяющих качество воды.

Особо надо отметить важность учета содержания в воде взвешенных частиц при оценке воз-

никновения опасных изменений экологического состояния водных объектов – чем больше изменение мутности воды по сравнению с ее региональными значениями, тем хуже экологические условия, больше ограничений для воспроизводства характерных видов ихтиофауны. От мутности зависит общее содержание в воде химических компонентов, которые поступают на участки рек и находятся в их пределах в сорбированной (на тонких минеральных взвешках) форме. Мутность воды – фактор качества и стоимости подготовки природной воды для использования в целях водоснабжения населения и промышленности. В связи с этим качество речных вод в разных регионах страны зависит от среднего содержания в воде взвешенных частиц, его сезонного изменения, а также от гидрологических и гидравлических характеристик, влияющих на процессы размыва русловых отложений и осаждения взвешенных частиц.

Роль биологического стока в изменении качества воды проявляется в негативной тенденции к увеличению содержания в воде живого вещества (биомассы). Даже изменение биомассы фитопланктона может оказаться лимитирующим фактором качества воды. Чаше всего увеличение содержания в воде болезнетворных бактерий – наиболее значимый фактор ухудшения санитарно-гигиенической обстановки на участках рек. Для учета этого фактора негативного изменения качества воды требуется корректное использование данных гидробиологического мониторинга, обобщение данных о содержании в воде болезнетворных бактерий в зависимости от расходов воды в конкретные фазы водного режима.

Влияние теплового стока на качество воды проявляется через непосредственное (природное или техногенное изменение температуры воды) или косвенное (изменение физических, химических и биологических характеристик воды) воздействие. От температуры воды зависят осаждение взвешенных

частиц, скорость химических реакций в процессах самоочищения природных вод, интенсивность биологического преобразования опасных неконсервативных химических веществ в менее опасные химические соединения.

Механизмы формирования и изменения качества воды тесно связаны с особенностями пространственно-временной изменчивости энергии водных потоков. В зависимости от ее величины и изменения находятся скорость турбулентной диффузии загрязняющих веществ в речных водах, длина пути смешения сливающихся потоков воды, отличающихся по физико-химическим характеристикам, местоположение и границы зоны накопления этих веществ в русловых отложениях. Наиболее сильное влияние на качество воды оказывает изменение энергии водных потоков в подпертых бьефах (на участках формирования подпорных явлений). Например, переход кинетической энергии водного потока в потенциальную энергию водохранилищной водной массы сопровождается уменьшением скорости течения, переходом части загрязняющих веществ (сорбированных на взвешах) в состав донных осадков и уменьшением содержания этих веществ в воде. Одновременно изменяются условия биологической и химической трансформации компонентного состава растворенных в воде веществ. Это приводит к тому, что ниже плотин содержание ряда загрязняющих веществ уменьшается.

Таким образом, можно считать, что характеристики качества воды, осредненные за длительные интервалы времени, представляют собой некоторую (в общем случае неизвестную) функцию пространственно-временной изменчивости отдельных (или всех) составляющих речного стока. Поскольку составляющие стока зависят от расхода воды, а также от содержания в воде химических веществ, мутности, содержания в воде живого вещества, качество воды зависит от комплекса гидрологических

факторов [Алексеевский, 1993, 2004]. При постоянстве поступления в водные объекты некоторого объема (массы) физических, химических и биологических субстанций качество воды зависит только от многолетней, сезонной и даже синооптической изменчивости расходов воды и соответствующих изменений интенсивности разбавления загрязняющих веществ. При неизменности расходов воды в основном на ее качество влияет природное или техногенное увеличение массы физических, химических и биологических субстанций, поступающих в реки.

Термин «параметризация» допускает множественные толкования. Одно из них определяет процедуру обоснования диапазонов изменения гидрологических характеристик, соответствующих большей или меньшей безопасности населения и хозяйства, а также водных биоценозов. Такая трактовка термина позволяет увязать процедуру параметризации характеристик качества воды с диагностикой возникновения изменений экологического состояния рек. Диапазоны изменения факторов трансформации потребительских и экологических свойств речной воды, как правило, должны совпадать с представлениями об их соответствии фоновым условиям (норме) формирования качества воды, меньшему или большему ее ухудшению (риск, кризис, бедствие, катастрофа) [Алексеевский, 2009]. Указанные диапазоны должны соответствовать некоторым значениям факторов изменения качества воды, переход через которые сопровождается значительным увеличением социальных, экономических и экологических ущербов (рис. 2).

Нужно иметь в виду, что характер влияния рассматриваемых параметров, представленных на рис. 2 (расход воды, мутность, концентрация химических веществ, биомасса гидробионтов, температура воды, скорость течения), на экологическое состояние вод зависит от направления их изменения. Так, увеличение концентрации растворенного в воде кислорода – положительный факт, а увеличение концентрации свинца – отрицательный. Кроме того, неблагоприятными могут быть как максимальные, так и минимальные значения одного и того же фактора. Поэтому использование метода предполагает перевод рассматриваемых показателей в баллы в соответствии с их влиянием на экологическое состояние водных объектов и, соответственно, ранжирование от минимальных значений до максимальных ($A_{\min}$ – $A_{\max}$).

Параметризация качества воды имеет достаточно большую историю. Отсутствие единообразия в выборе метода очень усложняет использование опубликованных результатов для пространственных и временных обобщений. В то же время при постановке задачи оценки качества воды в каком-либо водном объекте необходимо выбрать наиболее репрезентативный метод, учитывающий особенности ландшафтных, гидрологических и гидродинамических условий; состав и длительность рядов исходных гидрохимических и гидробиологических данных. В настоящее время при оценке возникновения

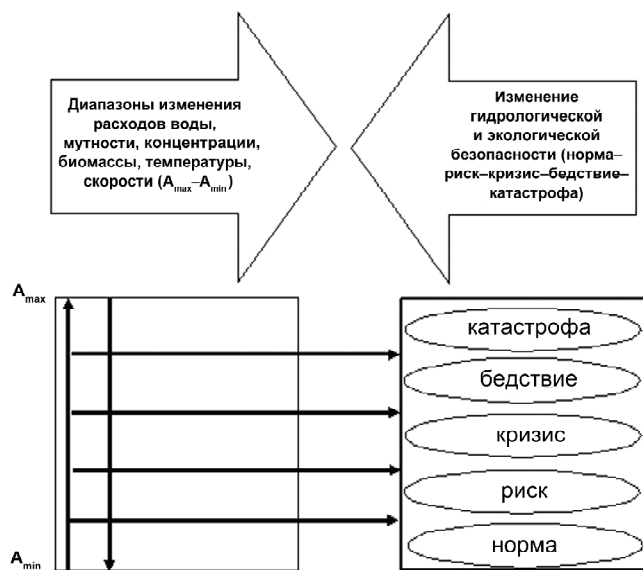


Рис. 2. Схема параметризации характеристик качества воды

Fig. 2. The parameterization of water quality characteristics

опасных изменений экологического состояния водных объектов признана перспективной комплексная оценка загрязненности (качества) поверхностных вод, результатом которой служат классы (категории) качества воды, соответствующие определенным диапазонам изменения величин избранных параметров. Этим классам качества воды можно поставить в соответствие представления о норме, риске, кризисе, бедствии и катастрофе с точки зрения безопасности населения, отраслевого водопользования или экологического состояния водных биocenозов.

В России наиболее известен и имеет наибольшую продолжительность использования в обобщениях Росгидромета метод параметризации качества воды в зависимости от величины индекса загрязнения вод (ИЗВ) [Методические..., 1988]. Определенным диапазонам изменения величины ИЗВ соответствуют классы качества воды (таблица). Более совершенное его продолжение – «Комплексная классификация по удельному комбинаторному индексу загрязненности воды» (УКИЗВ) [Никаноров, 2005]. Этот метод дает возможность осуществлять как дифференцированный анализ по отдельным показателям, так и комплексную оценку загрязненности воды по всей группе измеряемых показателей; он учитывает не только степень превышения нормативного значения каждого показателя качества воды, но и частоту этого превышения. УКИЗВ позволяет выделить 5 классов воды по степени загрязненности. Для более детальной оценки качества воды 3-й и 4-й классы дополнительно разбиты на 2 и 4 разряда соответственно.

В аналогичных целях можно использовать и классы качества воды, выделяемые по величине единого критерия качества вод (ЕККВ). Эта классификация была принята рабочей группой совеща-

ния руководителей водохозяйственных органов стран-членов СЭВ [Единые..., 1982].

Параметризация значений для каждой характеристики основана на степени ее влияния (в конкретном диапазоне изменения) на водохозяйственную и экологическую функции воды. Суммарная оценка качества воды соответствует классу качества по компоненту химического состава воды, который в наибольшей степени лимитирует экологическое благополучие речного биотопа. С этих позиций классы качества воды соответствуют 6 классам (таблица). При учете водохозяйственной функции водного объекта (оценка с позиции пригодности речных вод для использования в различных хозяйственных целях) рассматриваются всего три категории качества воды: желательная, пригодная после специальной обработки и непригодная.

Параметризация качества воды по содержанию в воде растворенного кислорода, аммонийного азота и биохимического потребления кислорода (критерий кислородного баланса воды, КБВ) используется в странах Бенилюкс [Кимстач, 1993]. Критерий позволяет качественно оценить самоочищающую способность водного объекта и определить уровень органической нагрузки. Оценка КБВ проводится по каждому элементу баланса в соответствии со шкалой баллов и изменением концентрации этого элемента, а также суммой баллов. В зависимости от диапазона изменения суммы баллов качество воды относят к одному из 5 классов (таблица).

Немецкий метод оценки качества воды (НKK) основан на учете соответствия экологического состояния водных объектов и физико-химических характеристик [Кимстач, 1993; Семин, 2001]. Органическая нагрузка на экосистемы считается отсутствующей или малой, умеренной, критической или сильной, очень сильной и чрезмерной (таблица).

Сопоставление результатов параметризации качества воды разными методами

Класс качества воды	Методы параметризации качества воды							
	ИЗВ (Россия)	УКИЗВ (Россия)	ЕККВ (СЭВ)	КБВ (Бенилюкс)	НKK (Германия)	СJ (Бавария)	Индекс сапробности	Биотический индекс (Вудивиса)
1	очень чистая	условно чистая	очень чистая	очень хорошая	отсутствует или очень малая	отсутствует или легкая	чистая	очень чистая
2	чистая	слабо загрязненная	чистая	хорошая	малая	легкая	умеренно загрязненная	чистая
3	умеренно загрязненная	загрязненная	очень незначительно загрязненная	средняя	умеренная	средняя	загрязненная	умеренно загрязненная
4	загрязненная	грязная	незначительно загрязненная	плохая	критическая	критическая	грязная	загрязненная
5	грязная	экстремально грязная	сильно загрязненная	очень плохая	сильная	сильная	—	грязная
6	очень грязная	—	очень загрязненная	—	очень сильная	очень сильная	—	очень грязная
7	чрезвычайно грязная	—	—	—	чрезмерная	избыточная	—	чрезвычайно грязная

Дополнительно диапазон этих характеристик делится на четыре основных участка, каждому из которых соответствует определенная зона сапробности (олигосапробная, α -мезосапробная, β -мезосапробная, полисапробная).

В Европе широко известен метод параметризации качества воды, в основе которого лежит оценка величины химического индекса качества речных вод (CJ). Качество воды изменяется для каждого выбранного диапазона значений индекса CJ – минимальному из них (CJ=0) соответствует худшее, а максимальному (CJ=100) – лучшее качество воды. Относительный вклад конкретных химических параметров q_i в изменение качества воды CJ оценивается их «экспертным» весом W_i , изменяющимся от 0 до 1 (сумма $W_i=1$). Сумма произведений этих вкладов, учитываемых в зависимости от величины W_i , дает интегральное значение индекса CJ. В зависимости от его величины определяется степень загрязненности воды. Процедура параметризации качества воды сводится к определению класса качества воды или его промежуточных вариантов в зависимости от степени ее загрязненности (таблица).

В последние десятилетия в большинстве стран резко возросло использование разнообразных химических веществ. Так, в мире ежегодно синтезируют сотни новых веществ, значительная часть которых попадает в водоемы. В этих условиях применения только физико-химических методов анализа оказывается недостаточно.

Живые организмы представляют собой «прибор», который реагирует на все вещества, находящиеся в воде, на все их комбинации и сочетания. Поэтому использование биологических методов анализа – важная составная часть системы контроля загрязнения водоемов.

Для оценки степени загрязненности речных вод по состоянию донных биоценозов в России и за рубежом широко используется метод, разработанный английским исследователем Ф. Вудивисом на р. Трент [Семенченко, 2004]. Метод основан на оценке видового разнообразия сообщества зообентоса и индикаторной (по отношению к загрязнению) значимости отдельных представителей донного биоценоза.

Результаты исследований и их обсуждение.

Результаты параметризации качества воды позволяют судить о величине пространственно-временной изменчивости качества воды под влиянием совокупности природных и антропогенных факторов. Принятые диапазоны соответствуют некоторым значениям факторов изменения качества воды, переход через которые сопровождается значительным увеличением социальных, экономических и экологических ущербов. При постановке задачи диагностики возникновения опасных гидрологических явлений и их экологических последствий необходимо связать результаты параметризации характеристик качества воды с предложенной шкалой для диагностики возникновения изменений экологического состояния рек (норма, риск, кризис, бедствие, катастрофа).

Предварительный этап при решении этой задачи – выбор наиболее репрезентативного для этих целей метода параметризации качества воды. Осуществленный нами сравнительный анализ результатов параметризации качества воды с учетом используемых наборов параметров для рек арктического побережья России и рек водораздельного бьефа канала имени Москвы показал, что если методы ИЗВ, УКИЗВ и ЕККВ характеризуют общую химическую нагрузку на водный объект, то методы КБВ, НКК и CJ позволяют определить уровень загрязнения рек органическими веществами и качественно оценить самоочищающую способность водного объекта. Из первой группы рассмотренных методов наиболее предпочтителен метод УКИЗВ, который позволяет учитывать не только степень превышения нормативного значения каждого показателя качества воды, но и частоту этого превышения. Среди методов второй группы преимущество имеет оценка на основе химического индекса CJ, поскольку он рассчитывается на основе учета большего числа характеристик, способных лимитировать качество воды. Результаты параметризации с его использованием наилучшим способом коррелируются с изменением степени экологического благополучия или безопасности и эффективности водопользования в ряду событий, соответствующих последовательности понятий «норма–риск–кризис–бедствие–катастрофа». В то же время для большей результативности параметризации надо сопоставлять оценки, полученные обеими группами методов.

Анализ устойчивости оценок параметризации качества воды рассмотренными методами в зависимости от средних условий формирования химического состава речных вод за некоторый период и за отдельные годы показывает, что средние за период и за конкретный год оценки качества воды отличаются незначительно, если отсутствуют существенные межгодовые изменения факторов, определяющих качество воды [Заславская, Ефимова, 2007]. В наибольшей степени разнятся результаты параметризации качества воды в зависимости от гидрологических условий, полученные при использовании технологии оценки качества воды на основе индексов, учитывающих уровень загрязнения рек органическими веществами (КБВ, НКК и CJ).

Для сравнения результатов, получаемых с помощью химических (ИЗВ) и биологических (БИ) методов, нами подсчитаны эти показатели для рек Московской области по результатам многолетнего (1978–1995) мониторинга силами лаборатории МосЦГМС. Данные относятся к 37 участкам, расположенным на 15 реках, выше и ниже крупных населенных пунктов, а также в «фоновых» районах. Установлено, что между ИЗВ и БИ существует тесная связь (рис. 3), коэффициент корреляции составляет $-0,81$. В первом приближении соотношение между БИ и ИЗВ описывается уравнением $БИ = -1,14ИЗВ + 10,2$. Наиболее чистые – р. Москва выше Звенигорода и р. Дубна выше г. Вербилки; наиболее загрязненные – р. Пахра

ниже Подольска и р. Москва ниже Перервинского гидроузла.

Выводы:

– при изучении экологического благополучия водных объектов и определении безопасных и эффективных условий водопользования необходимо использовать разные подходы к оценке качества воды (геохимические, биологические, санитарно-гигиенические, водохозяйственные). Каждый из них обеспечивает оценку влияния соответствующих факторов на степень токсичности поверхностных вод и их пригодность для водопользования;

– прогресс в изучении процессов формирования и изменения качества речных вод невозможен без учета гидрологического фактора, на фоне которого реализуются другие природные и техногенные механизмы изменения химического состава воды. При использовании информации о величине и изменчивости составляющих речного стока появляется возможность изучить процессы трансформации качества воды в конкретных природно-хозяйственных условиях;

– важная задача следующего этапа в изучении качества воды – параметризация видов и масштабов изменчивости составляющих речного стока,

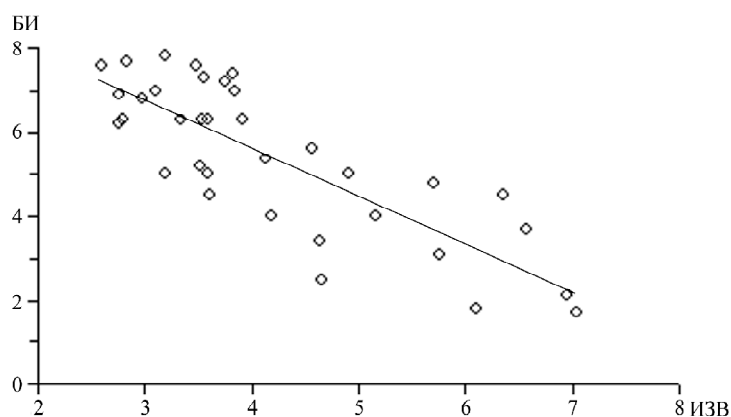


Рис. 3. Соотношение между биотическим индексом (БИ) и индексом загрязненности воды (ИЗВ) в реках Московской области

Fig. 3. The relationship between the biotic index (BI) and water pollution index (IZV) for the rivers of the Moscow oblast

характеристик гидрологических процессов с целью определения их влияния на соответствующее ухудшение (улучшение) качества воды, увеличение (снижение) вероятности ущербов для населения, водных биоценозов и хозяйственной деятельности в ряду событий, соответствующих последовательности понятий «норма–риск–кризис–бедствие–катастрофа».

Благодарности. Статья подготовлена за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-17-00155).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеевский Н.И. Генетический анализ качества воды // География. Вып. 1. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. С. 224–228.
- Алексеевский Н.И. Экологическая гидрология и гидроэкология в системе наук // Гидроэкология: теория и практика. Проблемы гидрологии и гидроэкологии. Вып. 2. М., 2004. С. 6–37.
- Алексеевский Н.И., Анисимова Л.А., Фролова Н.Л. Современные и ожидаемые гидрологические ограничения природопользования // Природообустройство. 2009. № 1. С. 50–57.
- Алексеевский Н.И., Гончаров А.В., Семаков В.А. Соотношение антропогенных нагрузок и экологического состояния рек Московской области // Тр. Академии проблем водохозяйственных наук. Русловедение и гидроэкология. Вып. 7. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. С. 37–45.
- Единые критерии качества вод. М.: СЭВ, 1982. 23 с.
- Заславская М.Б., Ефимова Л.Е. Качество воды крупнейших рек // Геоэкологическое состояние арктического побережья России и безопасность природопользования. М.: ГЕОС, 2007. С. 231–233; 302–325.
- Кимстач В.А. Классификация качества поверхностных вод в странах Европейского экономического сотрудничества. СПб.: Гидрометеиздат, 1993. 48 с.
- Методические указания по формализованной комплексной оценке качества вод по гидрохимическим показателям. М.: Госкомгидромет, 1988. 7 с.
- Муравейский С.Д. Реки и озера. Гидробиология. Сток. М.: Гос. изд-во геогр. лит-ры, 1960. 388 с.
- Никаноров А.М. Научные основы мониторинга качества вод. СПб.: Гидрометеиздат, 2005. 576 с.
- Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения. ГОСТ 17.1.1.01-77. М.: Изд-во стандартов, 1984. 13 с.
- Семенченко В.П. Принципы и системы биоиндикации текучих вод. Минск: ОРЕХ, 2004. 125 с.
- Семин В.А. Основы рационального водопользования и охраны водной среды. М.: Высшая школа, 2001. С. 38–77.
- Фадеев В.В., Тарасов М.Н., Павелко В.Л. Исследование зависимости между минерализацией, ионным составом и водным режимом рек в условиях избыточного увлажнения // Гидрохим. материалы. 1971. Т. 56. С. 19–30.
- Buffagni A. Europe-wide system for assessing the quality of rivers using macroinvertebrates: the AQEM Project and its importance for the southern Europe (with special emphasis on Italy) // J. Limnol. 2001. Vol. 60 (1). P. 39–48.
- Code of federal regulations. Protection of environment. Chpt. I Environmental protection agency. Pt 131. Water quality standards. Subpart D. Federally Promulgated Water Quality Standards. Sec. 131.38. Establishment of numeric criteria for priority. 2005. Title 40, Vol. 21. P. 460–461.
- European Commission (EC). 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy // Official J. L 327. 2000. Vol 22/12. P. 1–7.
- Metzeling L., Perriss St., Robinson D. Can the detection of salinity and habitat simplification gradients usin rapid bioassessment of benthic invertebrates be improved through finer taxonomic resolution or alternative indices? // Hydrobiologia. 2006. Vol 572, N 1. С. 235–252.
- Plafkin J.L. Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: Benthic macroinvertebrates and fish // U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Regulations and Standards. Washington, D.C. EPA 440–4–89–001. 1989.

Поступила в редакцию 16.11.2015
Принята к публикации 25.01.2016

N.I. Alexeevsky, M.B. Zaslavskaya¹, A.V. Goncharov²

METHODOLOGICAL APPROACHES TO WATER QUALITY INVESTIGATION AND PARAMETERIZATION

The problems of formation and transformation of river water quality are discussed in terms of the adverse influence of their chemical composition on possible and efficient water use, health of the population and ecological state of hydrobiocenoses. It is shown that the study of ecological well-being of water bodies and determining the conditions of safe and efficient water management require various approaches to water quality assessment (geochemical, biological, sanitary-hygienic, water economic etc). Each of them provides the assessment of the impact of relevant factors on the toxicity of surface water and their suitability for water usage. The modern doctrines of studying water quality are characterized in brief and a role of hydrological factors in deterioration (or improvement) the hydrochemical conditions of water objects is described. The role of river runoff and its components (discharge of water, sediments, chemicals, living matter and heat) and the energy of water streams in the transformation of the chemical composition of surface water is appraised. Modern methods of water quality parameterization with due account of the variability of hydrological characteristics are analyzed to determine the changing level of safety for the population, water use and hydrobiocenoses.

Keywords: water management, parameterization, hydrological factors, water quality, river flow, formation and transformation of water quality.

Acknowledgements. The study was financially supported by the Russian Science Foundation (project № 14-17-00155).

REFERENCES

- Alekseevskij N.I.* Geneticheskij analiz kachestva vody [Genetic analysis of water quality], Geografiya, Moscow, Izd-vo MGU, 1993, Vol. 1, pp. 224-228 (in Russian).
- Alekseevskij N.I.* Ehkologicheskaya gidrologiya i gidroehkologiya v sisteme nauk [Environmental hydrology and Hydroecology in the system of Sciences], Gidroehkologiya: teoriya i praktika. Problemy gidrologii i gidroehkologii. Vyp. 2. Moscow, Geograficheskij fakul'tet MGU, 2004, pp. 6-37 (in Russian).
- Alekseevskij N.I., Anisimova L.A., Frolova N.L.* Sovremennye i ozhidaemye gidrologicheskie ograničenja prirodopol'zovaniya [Current and anticipated hydrologic constraints environmental management], Prirodoobustrojstvo, 2009, no 1, pp. 50-57 (in Russian).
- Alekseevskij N.I., Goncharov A.V., Semakov V.A.* Sootnoshenie antropogennykh nagruzok i ekologicheskogo sostoyaniya rek Moskovskoy oblasti [The ratio of anthropogenic pressures and ecological status of the rivers of Moscow oblast], Trudy Akademii problem vodohozyaystvennykh nauk. Ruslovedenie i gidroekologiya, vyp. 7. Moscow, Izd-vo MGU, 2001, pp. 37-45 (in Russian).
- Buffagni A.* Europe-wide system for assessing the quality of rivers using macroinvertebrates: the AQEM Project and its importance for the southern Europe (with special emphasis on Italy) // J. Limnol. 2001. Vol. 60 (1). P. 39-48.
- Code of federal regulations. Protection of environment. Chpt. I Environmental protection agency. Pt 131. Water quality standards. Subpart D. Federally Promulgated Water Quality Standards. Sec. 131.38. Establishment of numeric criteria for priority. 2005. Title 40, Vol. 21. P. 460-461.
- Edinye kriterii kachestva vod [Unified criteria of water quality], Moscow, SEHV, 1982, 23 p. (in Russian).
- European Commission (EC). 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy // Official J. L 327. 2000. Vol. 22/12. P. 1-7.
- Fadeev V.V., Tarasov M.N., Pavelko V.L.* Issledovanie zavisimosti mezhdru mineralizatsiej, ionnym sostavom i vodnym rezhimom rek v usloviyah izbytochnogo uvlazhneniya [A study of the relationship between salinity, ionic composition and water regime of rivers in conditions of excess moisture], Gidrohimiya, 1971, T. 56, pp. 19-30 (in Russian).
- Kimstach V.A.* Klassifikatsii kachestva poverhnostnykh vod v stranah Evropejskogo ehkonomicheskogo sodruzhestva [Quality classification of surface waters in the European economic community], SPb., Gidrometeoizdat, 1993, 48 p. (in Russian).
- Metodicheskie ukazaniya po formalizovannoj kompleksnoj ocenke kachestva vod po gidrohimičeskim pokazatelyam [Guidelines for formalized integrated assessment of water quality on hydrochemical indicators], Moscow, Goskomgidromet, 1988, 7 p. (in Russian).
- Metzeling L., Perriss St., Robinson D.* Can the detection of salinity and habitat simplification gradients usin rapid bioassessment of benthic invertebrates be improved through finer taxonomic resolution or alternative indices? // Hydrobiologia. 2006. Vol 572, N 1. P. 235-252.
- Muravejskij S.D.* Reki i ozera. Gidrobiologiya. Stok [Rivers and lakes. Hydrobiology. River flow], Moscow, Gos. izd-vo geogr. lit-ry, 1960, 388 p. (in Russian).
- Nikanorov A.M.* Nauchnye osnovy monitoringa kachestva vod [Scientific basis of water quality monitoring], SPb.: Gidrometeoizdat, 2005, 576 p. (in Russian).
- Ohrana prirody. Gidrosfera. Ispol'zovanie i ohrana vod. Osnovnye terminy i opredeleniya [The protection of nature. Hydrosphere. Use and protection of waters. Key terms and definitions]. GOST 17.1.1.01-77, Moscow, Izdatel'stvo standartov, 1984, 13 p. (in Russian).
- Plafkin, J.L.* Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: Benthic macroinvertebrates and fish // U.S. Environmental

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Land Hydrology, Associate Professor, PhD. in Geography; e-mail: m.zasl@mail.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Land Hydrology, Leading Research Scientist, PhD. in Biology; e-mail: mama15333@mail.ru

Protection Agency, Office of Water Regulations and Standards. Washington, D.C. EPA 440-4-89-001. 1989.

Semenchenko V.P. Printsipy i sistemy bioindikatsii tekuchih vod. Minsk [The principles and systems of biological indication of flowing water], OPEX, 2004, 125 p. (in Russian).

Semin V.A. Osnovy racional'nogo vodopol'zovaniya i ohrany vodnoj sredy [Bases of rational water use and protection of water

environment], Moscow, Vysshaya shkola, 2001, pp. 38–77 (in Russian).

Zaslavskaya M.B., Efimova L.E. Kachestvo vody krupnejshih rek [The water quality of major rivers], Geoekologicheskoe sostoyanie arkticheskogo poberezh'ya Rossii i bezopasnost' prirodopol'zovaniya, Moscow, GEOS, 2007, pp. 231–233; 302–325 (in Russian).

Received 16.11.2015

Accepted 25.01.2016

УДК 003.62+912.64+004.93+535.39(81)

Е.Н. Еремченко¹, В.С. Тикун²

ГОЛОГРАФИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ В ГЕОГРАФИИ

Термин «голография» используется для обозначения: 1) метода получения трехмерного изображения объекта и 2) предельно эффективного способа визуализации. С голографией как техникой визуализации, которая станет доступной в далеком будущем, связаны наибольшие ожидания, а суть ее кажется самоочевидной и неоднократно описывалась в литературе – достаточным признаком голографического метода является бесшовная интерактивная визуализация вида объекта под любыми произвольными ракурсами просмотра. Соответственно голографическая модель должна содержать в себе полную и точную информацию, необходимую для фиксации вида объекта с различных возможных точек наблюдения.

Однако возможность «голографической» визуализации объектов с разных ракурсов уже внедрена в системы 3D-визуализации. Более того, в геосервисе Google Earth, появившемся в 2005 г., многоракурсность сочетается с естественно дополняющей ее многомасштабностью. Таким образом, такую технику визуализации можно рассматривать как особый «сверхголографический» режим визуализации, превосходящий голографический режим по своим функциональным возможностям.

В работе дается сравнительный анализ обычной голографии и «сверхголографии». характеризуется модель эволюции научной визуализации и картографии. Обсуждается перспектива междисциплинарных исследований в рассматриваемой области, в том числе с привлечением семиотического инструментария.

Ключевые слова: научная визуализация, цифровая Земля, картография, голография.

Введение. Под голографией понимают, с одной стороны, метод получения трехмерного образа объекта, позволяющий в дальнейшем восстанавливать его облик, с другой – «идеальный» метод объемной визуализации, достигшей в своем развитии мыслимых пределов совершенства. Наибольшие ожидания связаны именно с голографией как методом визуализации. Его идея самоочевидна и многократно описана в литературе – достаточным признаком голографического режима визуализации можно считать обеспечение многоракурсности, позволяющей пользователю произвольно, в интерактивном режиме и плавно менять ракурс просмотра, наблюдая при этом уникальный для каждого ракурса вид объекта. Голографическая модель должна хранить в себе полную и достоверную информацию, достаточную для восстановления ее разноркурсных видов из некоторой ограниченной области просмотра, т.е. обладать свойствами как минимум ограниченной трехмерности.

Однако режим многоракурсности именно в его «голографическом» виде давно реализован в системах 3D-визуализации, а в появившемся в 2005 г. геосервисе Google Earth была достигнута на практике не только многоракурсность, но и естественно дополняющая ее и комплиментарная к ней многомасштабность, не реализуемая с помощью обычных голограмм; подобный режим визуализации, в котором многоракурсность сочетается с многомасштабностью, можно назвать сверхголографическим, в отличие от голографического, для которого требуется лишь ог-

раниченная многоракурсность. Поэтому концепцию, воплощенную в геосервисах класса Google Earth, можно рассматривать как особый, превосходящий по своим возможностям обычную голографию режим визуализации с большим потенциалом развития.

Сравнительно проанализированы свойства классических аналоговых и цифровых голограмм, обсуждаются факторы, способствующие эволюции научных методов как визуализации, так и картографии, а также обсуждаются перспективы междисциплинарных исследований этой проблемы, в том числе с привлечением инструментария семиотики.

Материалы и методы исследований. Широко распространено мнение о голографии как о предельно эффективном методе визуализации и, в некотором смысле, конечной цели развития систем отображения информации вообще. Использование голографического метода было предвосхищено еще до открытия голографии в работе [Ефремов, 1945], причем уже здесь речь шла именно о геопространственной визуализации. Рассмотрим смысл, вкладываемый в это понятие.

Термин голография (от др.-греч. ὅλος – полный + γράφω – пишу) был предложен для обозначения методики, позволяющей создавать с помощью фотогографического процесса интерактивные, истинно трехмерные образы, так называемые голограммы, и реализовывать с их помощью на практике прежде недостижимый эффект многоракурсности, дающий возможность наблюдателю взглянуть на отображаемое с разных сторон, а в идеале – с любого произ-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, Центр мировой системы данных по географии, науч. с.; e-mail: eugene.ermchenko@gmail.com

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, лаборатория комплексного картографирования, заведующий, докт. геогр. н.; e-mail: tikunov@geogr.msu.ru

вольного ракурса. Иными словами, речь шла о возможности одномоментной фиксации на материальный носитель (голограмму) целостного, истинно трехмерного облика объекта, заключающего в себе его вид со всех ракурсов в пределах некоторой области, и впоследствии восстановления с помощью этого носителя вида с любого произвольного ракурса с интерактивным его выбором в реальном масштабе времени. Термин «голография» введен в научный оборот в конце 1940-х гг. Д. Габором [Johnston, 2006], который получил за открытие голографического метода Нобелевскую премию по физике. Однако сама идея голографии как средства визуализации настолько глубоко отражала потребность в более универсальном, чем фотография, методе визуализации, что ее появление неоднократно предсказано в литературе еще до практической реализации в 1960-х гг. Это стало возможно с появлением лазеров – удобных в использовании когерентных источников электромагнитного излучения. В наше время голография уже относительно массово применяется на практике, хотя и в весьма ограниченном перечне областей, в частности, для маркировки продукции, документов и банкнот, для демонстрации уникальных произведений искусства (скорее, для демонстрации технической возможности такой демонстрации) и т.д. В научной визуализации голография практически не используется, что связано со сложностью получения голограмм и их недостаточным качеством (пространственным и спектральным разрешением, поддерживаемой областью просмотра и т.д.). Тем более это касается географии, которая нуждается во все более совершенных средствах визуализации, но уже сегодня использует средства визуализации с более высокими характеристиками. Вместе с тем применение голограмм в географии считается перспективным, а гипотетические в этом качестве голографические геоинформационные системы неоднократно упоминаются в литературе в качестве горизонта развития отрасли, достижение которого – дело будущего.

Однако термин «голография» двойствен и подразумевает не только особый режим визуализации, но и особый режим съемки, и в определениях голографии очевидный акцент делается на второе в ущерб первому. Термин трактуется в основном не через совокупность свойств, отличающих голографию от других методов воссоздания образов, но через практическую технологию, используемую для построения голограмм. Так, в толковом словаре Ожегова приводится следующее определение голографии: «Получение объемного изображения, основанное на взаимном действии (наложении друг на друга) световых волн» [Ожегов, 2007]. В Большой советской энциклопедии она определяется как «метод получения объемного изображения объекта, основанный на интерференции волн» [БСЭ, 1970]. Англоязычная Википедия определяет голографию следующим образом: «Наука и практика изготовления голограмм», причем не упоминаются наука и практика их последующего использования, визуализации; при этом

сама голограмма в той же статье определяется как «фотографическая запись волновой картины методом, отличным от формирования изображения посредством объектива, и используемая для отображения истинно трехмерного образа голографируемого объекта, который может наблюдаться без помощи специальных очков или иной опосредующей оптики», т.е. не через собственные характеристики голограммы и не через ее возможности, но исключительно через метод, используемый для их достижения [Holography, 2016]. Эти определения ограничивают феномен интерактивной трехмерной визуализации рамками одной строго определенной технологии их получения. Кроме того, сам феномен голографии они трактуют лишь иносказательно, не определяя в явной форме особенности голографической визуализации как таковой.

Подобные определения, характеризующие явление не через его свойства, а через технические средства и методики, используемые для достижения этих свойств, лишь косвенно описывают сам определяемый феномен, ограничены реалиями текущего технологического ландшафта и неизбежно потребуют уточнения или пересмотра по мере развития науки и техники. Поэтому попытаемся уточнить и скорректировать предварительное определение голографической визуализации: *голография – метод визуализации, обеспечивающий режим непрерывной интерактивной многоакурности.*

Результаты исследований и их обсуждение. Но если исходить из такого определения, окажется, что голография уже реализована на практике. Очевидно, что такому определению соответствует трехмерная визуализация, широко используемая сегодня в разных предметных областях, например, в системах автоматизированного проектирования (САПР). Очаговая трехмерная визуализация пространственных объектов также может быть обеспечена аналогичными средствами 3D-графики. Но с появлением в 2005 г. геосервиса Google Earth появилась возможность полноценной реализации режима многоакурности в глобальном географическом контексте за счет многомасштабности. Google Earth – первый и наиболее показательный до сих пор пример практического внедрения концепции Цифровой Земли (Digital Earth), предвосхищенной ранее в литературе и явно сформулированной вице-президентом США А. Гором за десятилетие до появления Google Earth в виде конкретной программы междисциплинарных исследований [Gore, 1998]. Другой предтечей Digital Earth можно считать теорию ситуационной осведомленности, впервые назвавшей наличие единого для всех элементов, нефрагментированного пространственного контекста необходимым условием адекватного восприятия обстановки в системах управления [Endsley, 1995].

Основа Google Earth – геоцентрическая модель земного шара, созданная на базе глобальной цифровой модели рельефа (ЦМР) с покрывающими ее изображениями земной поверхности; как правило,

для этого используются космические данные дистанционного зондирования (ДДЗ). Но этой основой Google Earth не ограничивается – модель Земли служит лишь каркасом для размещения в нем любого пользовательского контента, в первую очередь трехмерного (3D) и трехмерного динамического (4D). Фактически Google Earth представляет собой пространственно-временную модель геоцентрического пространства вплоть до околоземного, задаваемую при помощи общегеографического контекста и обеспечивающую пользователям возможность поэтапно и совместно «поднимать» обстановку, погруженную в этот контекст. Трехмерные модели зданий и сооружений, инфраструктурных объектов, транспортных средств в разных средах начиная от поверхности земли и вплоть до космического пространства, динамические модели событий и т.д. составляют неотъемлемый и важнейший компонент Google Earth, в то время как глобус – лишь общегеографический контекст для этих пользовательских моделей. Модель Земли и геоцентрического пространства в Google Earth задает единый для всех масштабных уровней пространственно-временной объем, в котором представляется обстановка. Наличие именно такого объема, представляемого в виде контекста для восприятия специфических пользовательских моделей («...perception of the elements in the environment within a volume of space and time...»)[Endsley, 1995] – одно из обязательных условий обеспечения режима ситуационной осведомленности, перечисленных в его классическом и, по нашему мнению, наиболее корректном определении [там же]. Можно сказать, что назначение Google Earth – геопропространственный

интерфейс, предназначенный для интеграции в геоцентрическом пространстве разнородной пользовательской информации – от спроецированных на земную поверхность классических карт до динамических моделей обстановки в околоземном пространстве, а также ее максимально достоверная визуализация.

Отображение сложных композиций из элементов, распределенных в трехмерном геоцентрическом объеме, требует поддержки полной многоракурсности, включая просмотр объектов «снизу вверх». Многоракурсность полезна и при воспроизведении только геопропространственного контекста (рис. 1). Характерный класс задач, при решении которых полная многоракурсность в сочетании с геопропространственным контекстом необходима, – создание геопропространственно достоверных динамических моделей развития авиационных катастроф. Показательный пример решения такой задачи в Google Earth – динамическая 4D-модель развития ситуации, приведшей в итоге к крупнейшей в истории авиационной катастрофе (583 жертвы) – столкновению двух авиалайнеров Боинг-747 в аэропорту Лос-Родос (Тенерифе, Канарские о-ва) в 1977 г. [PM Olsen, 2010] (рис. 2).

Естественно, технология построения и визуализации в системах класса Google Earth отличается от обычно отождествляемых с голографией технологий фиксации и восстановления волновой картины, создаваемой когерентным источником, с помощью фотографического процесса. Вместе с тем в обоих случаях достигается одинаковый результат – многоракурсное отображение истинно трехмерной модели. Пользователи получают возможность вос-

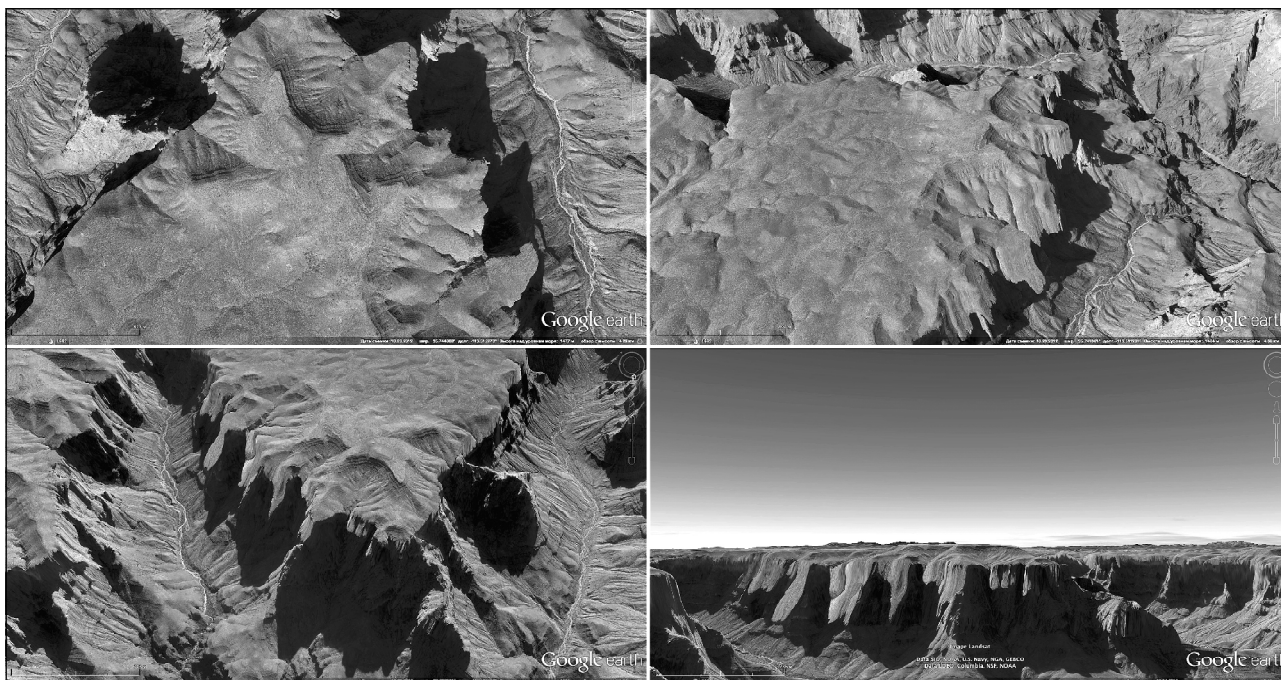


Рис. 1. Поддержка многоракурсного режима в Google Earth позволяет генерировать уникальные для каждого ракурса виды местности, представленной в виде ее истинно трехмерной модели. Район Большого каньона, США

Fig. 1. Support of multi-angle mode in Google Earth allows to generate unique views of Earth, represented by the true 3D-model of surface. Area of Great Canyon, USA

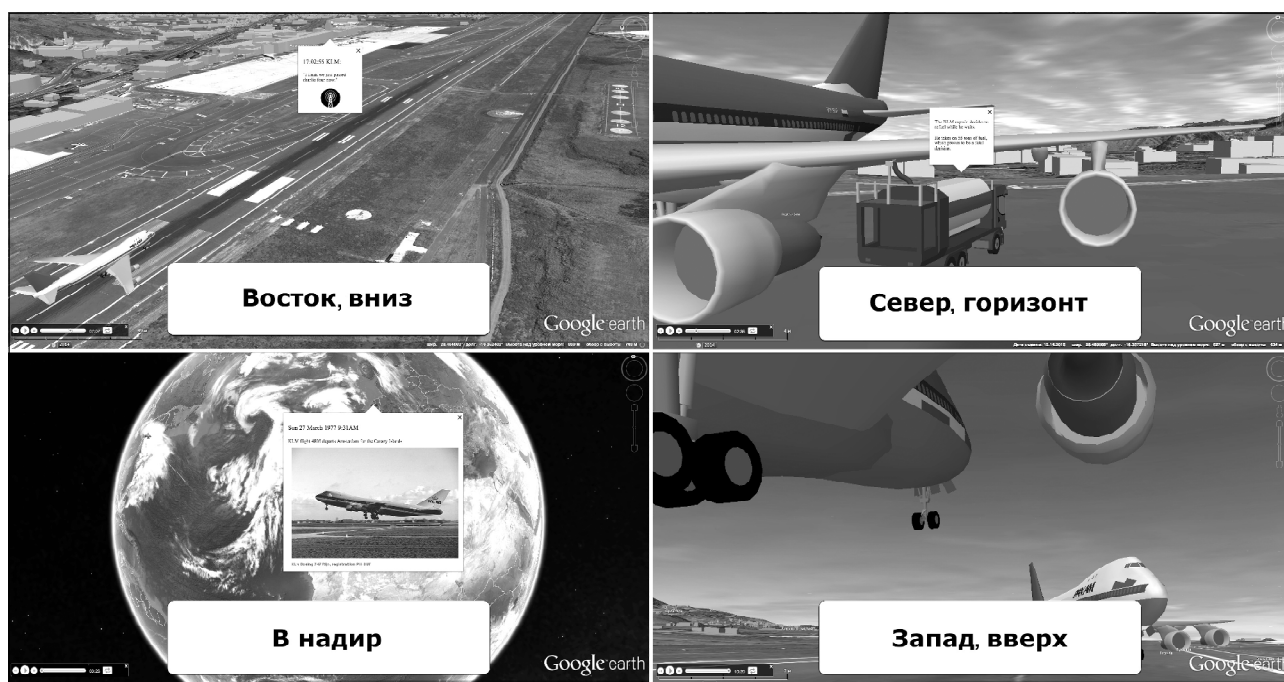


Рис. 2. Виды динамичной истинно трехмерной реконструкции развития авиакатастрофы на Канарских островах в 1977 г., сделанные под разными ракурсами, по [PMolsen, 2010]

Fig. 2. Views of dynamic true 3D-model of Tenerife Airport Disaster (1977) reconstruction from the different points of view [PMolsen, 2010]

становить образ обстановки посредством интерактивного последовательного изменения ракурса просмотра либо посредством интуитивно понятного интерфейса управления (в Google Earth).

В распространенных (в частности, в художественной литературе) представлениях голограммы ассоциируются обычно с образами объектов, имеющих примерно сравнимые с наблюдателем геометрические размеры и габариты. Манипуляции с такими образами могут быть сведены лишь к смене ракурса просмотра. Нетрудно заметить, однако, что возможности такой визуализации ограничены – нередки ситуации, когда при знакомстве с объектом или сценой может потребоваться не только смена ракурса просмотра, но и увеличение/уменьшение, что позволяет повысить детализацию отдельных элементов или, наоборот, увидеть общий контекст обстановки. Естественно, при этом должна сохраняться возможность интерактивной смены ракурса просмотра объекта. Кроме того, увеличение/уменьшение (изменение эквивалентного масштаба или разрешения) и изменение ракурса просмотра должны осуществляться произвольно и плавно (бесшовно), а не дискретно, скачками.

Наиболее естественный пример предметной области, в которой многоракурсность должна дополняться возможностью плавного изменения эквивалентного масштаба, многомасштабностью, – география, в силу очевидной необходимости в неразрывном представлении общегеографического контекста от локального до глобального уровня. Особенно это важно в системах управления – восприятие сцены, изолированной от ее окружения, становится непол-

ным и ведет к существенным абберациям в восприятии, а те в свою очередь приводят к некорректной оценке обстановки, ее неправильной интерпретации и к принятию в итоге неверных управленческих решений. Нетрудно оценить диапазон изменения масштаба, необходимого для адекватного представления обстановки в общегеографическом контексте от локального до глобального уровня, – он составляет приблизительно 7 порядков. Естественно, что свойство многомасштабности для отображения такого широкого диапазона столь же необходимо, как и свойство многоракурсности.

Многоракурсность и многомасштабность – обязательные условия исчерпывающе полного представления обстановки. Можно показать, что стремление к обеспечению этих свойств стало движущим фактором эволюции картографического метода, приведшим к появлению продуктов класса Digital Earth [Тикунов, Еремченко, 2015]. Возможность произвольного интерактивного выбора пользователем и масштаба, и ракурса просмотра обстановки позволила избавиться от ограничений, неизбежно присущих классическим картографическим продуктам. Эти ограничения в свою очередь лимитировали возможности правильного восприятия и истолкования геопространственной информации и ее использования, а также возможность оперативной циркуляции точной геопространственной информации в ярусных иерархических системах управления, ограничивая потенциально достижимый темп принятия решений. Отметим, что в современной англоязычной культуре темпу адаптации управленческих решений при реагировании на меняющуюся обстановку уделяется исключительное внимание как важнейшему фак-

тору достижения требуемого результата, в частности, в рамках концепции управленческого процесса OODA-Loop (цикл Бойда) и последующих [Thompson, 1995].

Необходимо рассмотреть вопрос о том, насколько правомерно относить Google Earth и его аналоги к категории «голографических» систем визуализации. Ответ на этот вопрос осложняется смешением представлений о голографии как средстве визуализации и как процедуре получения голограмм, поэтому необходимо рассмотреть сходства и различия режимов визуализации в обоих случаях.

Сходство. В обоих случаях пользователь может видеть объект со всех или с некоторых (в случае обычной голограммы) сторон, под произвольно и интерактивно выбираемым ракурсом (свойство многоракурсности).

Различия. 1. Обычная голографическая визуализация обеспечивается материальным носителем (голограммой) на конкретном устройстве и не допускает одновременную независимую, распределенную в пространстве визуализацию. В случае с Google Earth используется распространяемая по интернету (или аналогичным каналам обмена данными) информация, которая может воспроизводиться полностью в объемном виде одновременно на большом числе пользовательских терминалов с уникальными для каждого терминала интерактивными манипуляциями.

2. Обычная голограмма гомогенна, т.е. однородна по своей природе. Google Earth гетерогенна, т.е. дает пользователям возможность комбинировать разнородные данные из разных источников (например, виды обстановки в разных спектральных областях или в разные интервалы времени) в интерактивном режиме, выделяя различные аспекты исследуемого образа с использованием гипермедийности.

3. Обычная голограмма неконтекстна, в лучшем случае она может включать лишь ограниченный, локальный пространственный контекст. Google Earth, наоборот, позволяет визуализировать модель во всем ее глобальном контексте, последовательно подключаемом при изменении масштаба отображения.

4. Обычная голограмма не поддерживает многомасштабность. В Google Earth возможно представление объекта в очень широком диапазоне масштаба с сохранением многоракурсности.

5. Создание обычной голограммы – результат активного процесса, предполагающего освещение объекта источником электромагнитного излучения со специфическими характеристиками. В противоположность этому истинно трехмерные модели в Google Earth могут создаваться не интрузивно, за счет использования отраженного естественного излучения. Это расширяет возможности применения многоракурсной визуализации, например, в системах военного и специального назначения.

6. Обычная голограмма может быть создана только для объектов в крайне ограниченном диапа-

зоне размеров. В Google Earth возможно представление объектов практически любых размеров.

7. Обычная голографическая визуализация ментальна и статична. В Google Earth возможно представление обстановки в ее временной динамике с поддержкой режимов многоракурсности и многомасштабности.

8. Обычная голограмма является образом реального объекта. В Google Earth можно формировать трехмерные образы идеальных объектов, которые не существуют, осуществляя тем самым проектную деятельность, прогнозирование и т.д.

В Google Earth целостный образ формируется из гетерогенного по природе и когнитивного (гипермедийного) по характеру восприятия [Тикунов, 2004] набора разнородных данных, полученных различными аппаратными средствами и обладающих разными свойствами. Так, в текущей версии Google Earth многоракурсность и многомасштабность обеспечиваются комбинацией, в частности, следующих элементов:

- цифровой модели рельефа (ЦМР);
- цифровой модели океанического дна;
- космо- и аэроснимков;
- картографических слоев в векторной форме;
- трехмерных и динамических трехмерных моделей различной топологии, интегрированных в общегеографический контекст;
- геопривязанных и геоориентированных фотографических изображений;
- геопривязанных аудио- и текстовых данных;
- сферических панорам;
- видеозаписей и динамических презентаций (видеотуров).

Этими элементами возможности информационного наполнения Google Earth и родственных ему продуктов не ограничиваются. Уникальная особенность Google Earth как среды с открытой архитектурой – потенциальная возможность встраивания в общегеографический контекст и иных, пока гипотетических типов данных. Например, в будущем, вероятно, будет возможно встраивать в аналоги Google Earth такой перспективный элемент представления обстановки, как собственно фотографические голограммы. Можно ожидать, что дальнейшее качественное развитие систем визуализации не ограничится достижением режима голографичности.

Подчеркнем, что Google Earth демонстрирует практическую реализуемость голографического видео, т.е. демонстрации без ущерба для режимов многомасштабности, многоракурсности и временной динамики сцены. Можно сказать, что режимы многоракурсности и многомасштабности для полного представления и пространственной, и временной динамики естественным образом нуждаются в дополнении режимом интерактивного выбора временной динамики – мультитемпоральности. Режим голографического видео до определенной степени уже реализован в видеотурах Google Earth, дающих пользователю возможность мгновенно брать на себя управление движением виртуальной камеры и рас-

смагивать обстановку с необходимого в данной ситуации ракурса; после прекращения вмешательства оператора будет восстановлено автоматическое управление камерой в соответствии с заложенным сценарием видеотура.

Можно сделать вывод, что геосервисы класса Google Earth можно считать голографическими, поскольку в них реализуется необходимое и достаточное условие – обеспечение интерактивной многоаккурности. Однако они по возможностям качественно превосходят голографические системы, что позволяет говорить о реализации в них нового режима «сверхголографии», важнейшее требование к которому заключается в обеспечении (наряду с многоаккурностью) еще и многомасштабности.

Достижение режима сверхголографии стало результатом внутреннего развития картографического метода – такой вывод можно сделать по итогам дискуссии о связи Google Earth и картографии. Характерные и разительные отличия Google Earth от карт и иных картографических в своей основе геопродуктов были настолько очевидны с момента его появления в 2005 г., что возник резонный вопрос о правомочности отнесения его к картографическим продуктам. Высказывалось мнение об обособленности новых геопродуктов от карт [Turner, 2006]. Альтернатива этой точке зрения – представление о незыблемости картографического метода в его классической проективной форме, исключающее потребность в каких бы то ни было новых классификациях. Наличие нового качества в Google Earth объяснялось в этом случае привлечением исключительно новых технологий или новых социальных практик.

Обе эти точки зрения представляются некорректными и тупиковыми. С одной стороны, качественное отличие продуктов класса Google Earth от карт и их производных (ГИС, глобусов и т.д.) очевидно, и его нельзя свести только к технологической новизне уже вследствие отсутствия какой-либо специфической именно для Google Earth технологии. С другой стороны, новые продукты, очевидно, относятся к той же предметной области, что и классическая картография, и уже поэтому их нельзя рассматривать изолированно, а их генетическую связь с картами можно считать очевидной.

В работе [Тикунов, Еремченко, 2015] предложена третья – синтетическая – точка зрения. Она предполагает качественное развитие картографического метода, результатом которого стало появление качественно новых геопродуктов. Тем самым можно обосновать единство всего известного на сегодняшний день многообразия геопродуктов. Мотив эволюции картографического метода – потребность в ликвидации aberrаций восприятия, обусловленных самой природой картографического метода. Источник этих aberrаций заключается в принципиальной нереализуемости режимов многоаккурности и многомасштабности в классической картографии. Продукты класса Google Earth, наоборот, позволяют реализовать оба этих режима в полной мере.

При этом, как показано выше, многоаккурность фактически – синоним голографичности. Этот вывод дает возможность гармонизировать эволюцию картографии и научной визуализации. Стремление к голографичности, как дальнейшему ориентиру развития научной визуализации, идентично стремлению к многоаккурности в картографии. Однако в картографии многоаккурность уже реализована; более того, реализовано и комплиментарное ей свойство многомасштабности, которое классическая голография обеспечить не может. Режим совместной реализации многомасштабности и многоаккурности можно обозначить как «сверхголографический». На рис. 3 представлена эволюционная схема развития различных методов геопространственной визуализации в направлении обеспечения многоаккурности и многомасштабности [Eremchenko et al., 2015].

Реализация многоаккурности и многомасштабности сопряжена с еще одним процессом, требующим специального обсуждения, – замещением условных знаков либо непосредственными визуальными образами, либо имитацией таковых. Этот процесс, по-видимому, наблюдается и в научной визуализации, однако наиболее наглядно выражен в картографии.

С точки зрения классической семиотики, не допускающей каких-либо иных механизмов передачи информации, нежели знаковые механизмы, изображения рассматриваются как особый тип знаков – знаки иконические, наиболее примитивные и внешне подобные обозначаемым ими предметам. С такой точки зрения объективно наблюдаемый процесс замещения знаков изображениями невозможно считать отказом от более совершенных и, казалось бы, досконально разработанных и доведенных до максимальной абстракции условных картографических знаков в пользу более примитивных знаков; природа такого регресса остается неясной.

Альтернативная точка зрения предполагает возможность прямого восприятия пространства через органы чувств, без привлечения знаков вообще. Такая точка зрения видится логичной, поскольку в противном случае исключается возможность генезиса знаков, а также происходит полное отождествление знаков и любого восприятия вообще, что обесмысливает саму идею знака. В этом случае необходимо допустить существование «нулевого» знака, или не-знака [Massel, Eremchenko, 2014], обозначающего гипотетические носители информации, знаками не являющиеся. Такой «нулевой» знак по смыслу стал бы семиотическим аналогом нуля в математике.

В целом дискуссия о природе знаковости применительно к картографии и научной визуализации представляется необходимой и актуальной. Это, в частности, связано с тем, что уже сегодня становятся все более доступными изображения, по качествам максимально приближающиеся к прямому визуальному восприятию и лишенные при этом какого-либо субъективизма, которым можно было бы

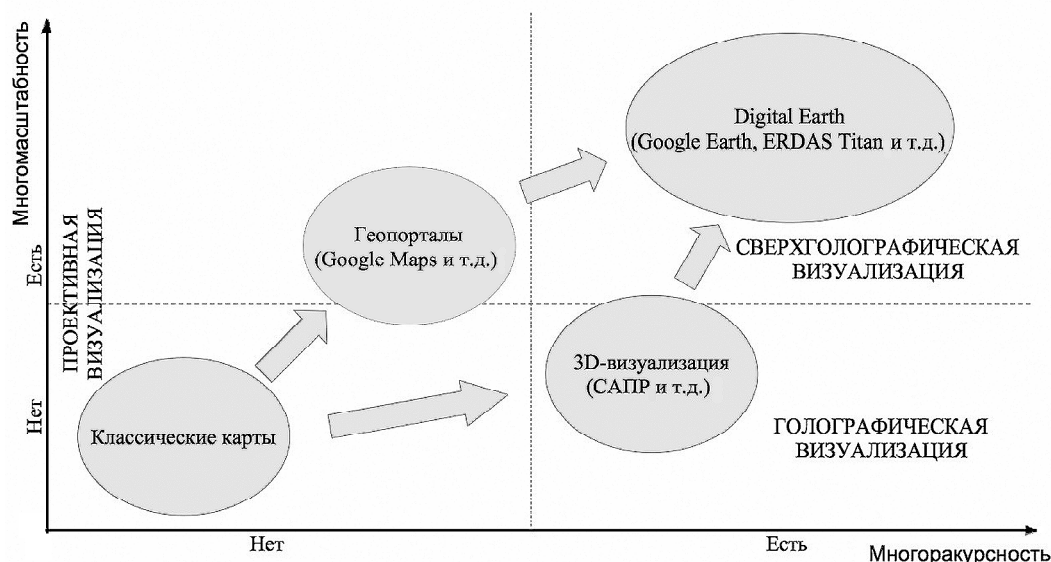


Рис. 3. Условная схема эволюции картографического метода для обеспечения многокурсности и многомасштабности

Fig. 3. Schematic diagram of the evolution of the cartographic method towards providing of multi-angle and multiscale («superholography») properties

обосновать их отнесение к знакам иконическим, например, субъективизма композиционного. Так, сферические панорамы не выделяют какой-либо ракурс просмотра обстановки – пользователь волен выбрать такой ракурс самостоятельно в интерактивном режиме. Вопрос о том, до какого предела информационные носители такого рода можно считать знаками, остается предметом дискуссии и нуждается в дальнейшем изучении.

Выводы:

– имеющиеся определения голографии выделяют особый способ создания голограмм, а не специфические особенности конечного продукта – визуализируемого трехмерного облика объекта. Тем не менее голография как особый вид визуализации может быть интерпретирована как следствие реализации режима многокурсности, а в своем наиболее законченном виде «сверхголографии» – реализации еще и режима многомасштабности. В этом случае голография может быть реализована с по-

мощью существующих цифровых систем, причем возможности такой сверхголографии существенно превосходят возможности обычной голографии. Исторически оба этих режима были достигнуты впервые в системах географической визуализации, выполненных в рамках концепции Digital Earth;

– сравнительное изучение и классификация различных картографических продуктов, а также сравнительное изучение процессов развития картографии и научной визуализации и обсуждение механизмов передачи информации с помощью знаков перспективная и крайне актуальная область междисциплинарного синтеза. Ее актуальность обусловлена тем, что новое качество работы с информацией, являющееся итогом освоения режимов многомасштабности и многокурсности, может быть непосредственно реализовано в системах управления без каких-либо технологических рисков и с использованием уже существующих технологий.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №15-17-30009).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Большая советская энциклопедия. URL: <http://bse.sci-lib.com/article011360.html> (дата обращения: 05.01.2016).

Ефремов И. Тень минувшего. URL: <http://www.serann.ru/text/ten-minuvshego-9663> (дата обращения: 05.01.2016).

Ожегов С.И. Словарь русского языка. URL: <http://slovarozhegova.ru/word.php?wordid=5392> (дата обращения: 05.01.2016).

Тикунов В.С. Атласные информационные системы для принятия решений // Основы геоинформатики: Учеб. пособ. для студ. вузов / Под ред. В.С. Тикунова. Кн. 2. М.: Академия, 2004. С. 285–304.

Тикунов В.С., Еремченко Е.Н. Цифровая земля и картография // Геодезия и картография. 2015. № 11. С. 14–23.

Endsley M. Toward a theory of situation awareness in dynamic systems // Human Factors, 1995. Vol. 37. P. 36.

Eremchenko E., Tikunov V., Ivanov, R. et al. Digital earth and evolution of cartography // Proced. Computer sci. 2015. Vol. 66. P. 235–238.

Gore A. The Digital Earth: Understanding our planet in the 21st Century. URL: http://www.digitalearth-isde.org/userfiles/The_Digital_Earth_Understanding_our_planet_in_the_21st_Century.doc (дата обращения: 05.01.2016).

Holography. Wikipedia. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Holography> (дата обращения: 05.01.2016).

Johnston S.F. Absorbing New Subjects: Holography as an Analog of Photography // *Physics in Perspective*. 2006. N. 8. P. 164–188.

Massel L., Eremchenko E. Cognitive graphics and images in geography // *New Semiotics: Between Tradition and Innovation*. Abstr. 12th World Congress on Semiotic (IASS/AIS). Bulgaria, Sofia: New Bulgarian University, 2014. P. 181–182.

PMOlsen. Tenerife Airport Disaster Animation. URL: https://productforums.google.com/forum/#!topic/gec-models-annotations/oiAWw_mpqCM (дата обращения: 05.01.2016).

Thompson F. Business Strategy and the Boyd Cycle // *J. of Contingencies and Crisis Management*, Vol. 3. N 2, June 1995, pp. 81–90.

Turner A. Introduction to neogeography. O'Reilly Media, 2006. 56 p.

Поступила в редакцию 18.10.2015

Принята к публикации 25.01.2016

E.N. Eremchenko¹, V.S. Tikunov²

HOLOGRAPHIC VISUALIZATION IN GEOGRAPHY

Holography means: 1) a technique of obtaining a three-dimensional image of the object, and 2) a «best possible» visualization technique in the far future. The greatest expectations are related to holography as an imaging technique. The idea of holography seems to be self-evident – a reasonable criterion of holographic visualization is an interactive seamless multi-angle representation of the scene.

However the multi-angle regime is already implemented in 3D-visualization systems. And the Google Earth geoservice (started in 2005) supplements the multi-angle representation with the multi-scale one, which could not be implemented using the traditional analogous holograms. Thus the Google Earth geoservice concept is a specific regime of visualization having very high potential of self-development.

The paper compares the properties of classic and «super» holograms. Factors contributing to the evolution of scientific visualization in cartography are analyzed. The prospects of the interdisciplinary research in this area, including the application of semiotic tools, are discussed.

Keywords: scientific visualization, Digital Earth, cartography, holography.

Acknowledgements. The research was financially supported by the Russian Science Foundation (project № 15-17-30009).

REFERENCES

Bol'shaja Sovetskaja Jenciklopedija [Big Soviet Encyclopedia]. URL: <http://bse.sci-lib.com/article011360.html> (Accessed: 05.01.2016) (in Russian).

Efremov I. Ten' minuvshogo [Shadow of the Past]. URL: <http://www.serann.ru/text/ten-minuvshogo-9663> (Accessed: 05.01.2016) (in Russian).

Endsley M. Toward a theory of situation awareness in dynamic systems // *Human Factors*. 1995. Vol. 37. P. 36.

Eremchenko E., Tikunov V., Ivanov, R. et al. Digital earth and evolution of cartography // *Proced. Computer sci.* 2015. Vol. 66. P. 235–238.

Gore A. The Digital Earth: Understanding our planet in the 21st Century. URL: http://www.digitalearth-isde.org/userfiles/The_Digital_Earth_Understanding_our_planet_in_the_21st_Century.doc (Accessed: 05.01.2016).

Holography // Wikipedia. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Holography> (Accessed: 05.01.2016).

Johnston S.F. Absorbing New Subjects: Holography as an Analog of Photography // *Physics in Perspective*. 2006. N 8. P. 164–188.

Massel L., Eremchenko E. Cognitive graphics and images in geography // *New Semiotics: Between Tradition and Innovation*.

Abstr. of 12th World Congress on Semiotic (IASS/AIS). Bulgaria, Sofia: New Bulgarian University. 2014. P. 181–182.

Ozhegov S.I. Slovar' russkogo jazyka [Russian Dictionary], URL: <http://slovarozhegov.ru/word.php?wordid=5392> (Accessed: 05.01.2016) (in Russian).

PMOlsen. Tenerife Airport Disaster Animation, URL: https://productforums.google.com/forum/#!topic/gec-models-annotations/oiAWw_mpqCM (Accessed: 05.01.2016).

Tikunov V.S. Atlasnye informacionnye sistemy dla priniatija reshenij [Atlas information systems for decision making], *Osnovy geoinformatiki, Uchebnoe posobie dla studentov vyzov. Pod redakciej V.S. Tikunova*, Moscow, Akademija, 2004, kniga 2, pp. 285–304 (in Russian).

Tikunov V.S., Eremchenko E.N. Cifrovaja zemlja i kartografija [Digital Earth and cartography], *Geodezija i kartografija*, 2015, no 11, pp. 14–23 (in Russian).

Thompson F. Business Strategy and the Boyd Cycle // *J. Contingencies and Crisis Management*. 1995. Vol. 3, N 2, June. P. 81–90.

Turner A. Introduction to neogeography // O'Reilly Media. 2006. P. 56.

Received 18.10.2015

Accepted 25.01.2016

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Center of the World Data System for Geography, Research Scientist; e-mail: eugene.ermchenko@gmail.com

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Research Integrated Mapping Laboratory, Head of the Laboratory, D.Sc. in Geography; e-mail: tikunov@geogr.msu.ru

УДК 911.3

О.В. Вихрёв¹, А.А. Ткаченко², А.А. Фомкина³**СИСТЕМЫ СЕЛЬСКОГО РАССЕЛЕНИЯ И ИХ ЦЕНТРЫ (НА ПРИМЕРЕ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ)**

Изложены новый взгляд на системы расселения и соответствующий ему новый подход к выделению сельских систем расселения. В основе этого подхода – представления о центральности как важнейшем свойстве населенного пункта. Введено понятие о центрах расселения и разработана методика их выделения. По материалам Тверской области с учетом расположения в сельской местности органов местной власти и объектов социальной инфраструктуры выделено несколько классов центров расселения. Рассмотрены варианты соподчинения центров и взаимного вхождения систем сельского расселения. Сделан вывод о нечетком, «размытом» характере иерархии центров и систем расселения. Отмечена тенденция к упрощению иерархии центров расселения.

Ключевые слова: сельское расселение, сельские населенные пункты, функции населенных пунктов, центральность, центры расселения, системы расселения, иерархия центров и систем расселения.

Введение. Рассмотрены вопросы, связанные с устройством систем сельского расселения применительно к малонаселенным регионам Нечерноземья. Эти системы изучены в отечественной географии очень слабо. Впервые вопрос о связях между сельскими населенными пунктами (СНП) и о системах этих пунктов был поставлен С.А. Ковалевым в 1957 г. [Ковалев, 1957], однако дальнейшего развития он не получил. И раньше [Албитова, 1976; Сараев, 1984], и в настоящее время [Алексеев и др., 2007; Ткаченко и др., 2013] чаще рассматриваются не собственно сельские системы расселения, а районные системы, большинство из которых возглавляется городами или поселками городского типа. В советское время при изучении сельского расселения основное внимание уделялось системам расселения только одного уровня – так называемым внутрихозяйственным системам расселения, под которыми понимались группы СНП в составе отдельных колхозов и совхозов. Эти системы как объекты изучения обладали несомненными достоинствами. Их выделение обычно не составляло труда, а большая часть проживающего в них работающего населения была занята в соответствующем колхозе или совхозе.

Такой взгляд на системы сельского расселения представлял собой большое упрощение, так как игнорировал административно-территориальное устройство и организацию сферы обслуживания (социальной инфраструктуры). Единственная известная нам попытка выделения систем сельского расселения с учетом организационно-хозяйственных, административных и инфраструктурных связей была предпринята в работе по Чувашии [Казаков, 2010]. В современных условиях, когда большая часть колхозов и совхозов прекратила существование, а в со-

хранившихся или реорганизованных крупных сельскохозяйственных предприятиях существенно сократились число работников и площадь используемых земель, традиционный подход к выделению систем сельского расселения применять нельзя.

Предлагаем новый взгляд на системы расселения и соответствующий ему новый подход к выделению сельских систем расселения. Этот подход связан с попыткой оценить степень центральности населенных мест. Центральность – фундаментальное свойство населенных пунктов, выражающееся в способности притягивать к себе жителей других пунктов, что превращает их в центры окружающей территории, или центры расселения.

Центральность населенного пункта определяется набором расположенных в нем социально значимых объектов: различных организаций, предприятий или их подразделений. Такие объекты были ранее названы «организаторами пространства» [Ткаченко, 1995]. Их почти неограниченное видовое разнообразие может быть сведено в три группы объектов: органы власти, места получения разнообразных услуг (включая розничную торговлю), места приложения труда. Населенный пункт, в котором расположен хотя бы один объект – «организатор пространства», представляет собой центр расселения [Вихрёв, 2013]. Чем сложнее набор этих объектов, тем более высокое место занимает населенный пункт в иерархии центров расселения. Вместе с тяготеющими к нему пунктами центр образует пространственную систему жизнедеятельности населения. Такие системы, по нашему мнению, и являются системами расселения.

Представления о центральности и иерархии центров восходят к теории центральных мест, но она рассматривает сети населенных пунктов и местных

¹ Тверской государственный университет, выпускник факультета географии и геоэкологии; e-mail: vihref89@mail.ru

² Тверской государственный университет, факультет географии и геоэкологии, кафедра социально-экономической географии и территориального планирования, профессор, докт. геогр. н.; e-mail: at.tver@mail.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России, аспирантка; e-mail: alpresents@mail.ru

центров в условиях идеальной («изотропной») равнины, отсюда – единообразные шестиугольные «решетки» зон и строгое соподчинение центров. Мы, напротив, изучаем реальную местность, в пределах которой наблюдается большое разнообразие вариантов соподчинения центров и образуемых ими систем расселения.

Цель исследования заключалась в разработке методики выделения центров расселения, соответствующей изложенному выше подходу, и в выявлении с ее использованием сельских центров и систем сельского расселения в Тверской области.

Материалы и методы исследований. Можно уверенно констатировать, что сфера обслуживания и система местной власти как факторы центрообразования оказались значительно более устойчивы к переменам, чем отрасли материального производства. Даже среди сохранившихся сельскохозяйственных предприятий много фактически не работающих, некоторые находятся в состоянии банкротства. Нередки случаи, когда вновь созданные предприятия (обычно в составе агрохолдингов) не используют труд местных жителей. Подавляющее большинство промышленных предприятий, находившихся в сельской местности, перестало существовать. Это относится и к предприятиям, которые были связаны с сельским хозяйством, и к предприятиям, размещенным в свое время на селе в расчете на свободные трудовые ресурсы. В таких условиях рассматривать производственные предприятия в качестве мест приложения труда и организаторов пространства сельской местности можно только на основании знакомства со сложившейся ситуацией на каждом отдельном предприятии. Кроме того, эта информация не может носить массовый характер. Речь идет о конкретных *case studies*, не дающих оснований строить общую картину ни для областного региона, ни для отдельного муниципального района.

В связи со сказанным выделение центров расселения проводилось на основании данных о расположении органов власти и объектов социальной инфраструктуры. В связи с тем, что невозможно получить где-либо полные списки объектов розничной торговли, пришлось ограничиться данными об учреждениях отраслей, находящихся в ведении органов государственной и муниципальной власти: образования, здравоохранения, культуры и почтовой связи.

Неизбежно возникает вопрос, насколько адекватна действительности – из-за отсутствия данных о производственных предприятиях и объектах торговли – полученная в результате исследования картина. Представляется, что больших расхождений быть не должно. Сохранившиеся сельскохозяйственные предприятия, как правило, расположены в наиболее крупных населенных пунктах, которые занимают ведущие места в иерархии центров обслуживания и местной власти. Объекты розничной торговли обычно сопутствуют объектам других отраслей. Их учет, конечно, позволил бы получить более полное представление о комплексе обслужи-

вания в этих пунктах, но, за редкими исключениями, не повысил бы их статус. Иная картина наблюдается в пунктах, где нет никакого обслуживания, кроме торговли. Часть центров, занимающих нижние ступени в иерархии центров обслуживания, оказывается неучтенной. Однако имеющиеся данные для отдельных районов свидетельствуют, что такие случаи не носят массовый характер.

Данные о размещении органов власти и объектов социальной инфраструктуры получены с сайтов областных ведомств и районных администраций Тверской области. Все эти данные относятся к началу 2012 г. Данные о населении и населенных пунктах взяты из материалов Всероссийской переписи населения 2010 г., опубликованных Тверьстатом [Населенные..., 2012; Численность..., 2012]. Временной разрыв продолжительностью около 15 месяцев (октябрь 2010 – январь 2012 г.) в данном случае не может иметь принципиального значения.

По наличию административных функций все СНП можно разделить на две группы: центры «сельских поселений» и прочие («рядовые»). Среди первых отдельную подгруппу составляют новые центры, не возглавлявшие ранее сельские округа, среди вторых – бывшие центры сельских округов, утратившие административные функции.

Число возможных сочетаний расположенных в одном СНП объектов социальной инфраструктуры очень велико. В 1980-х гг. И.С. Кулаков выявил в СНП Псковской области более 80 вариантов [Кулаков, 1989]. В нашем случае их число превышает 20, поэтому необходимо использовать доминантный подход, ориентированный на учет в первую очередь наиболее важных объектов.

В качестве основных центрообразующих объектов рассматривались общеобразовательные школы (полные – 11 классов и базовые – 9 классов) и врачебные учреждения (участковые больницы, офисы врачей общей практики, сельские врачебные амбулатории). По сочетанию учреждений выделено 4 класса центров обслуживания: полные, неполные, низовые, элементарные. Полным центром обслуживания считается СНП, в котором есть школа и врачебное учреждение. В подавляющем большинстве таких пунктов есть и досуговые учреждения, и отделения связи. В неполном центре отсутствует либо школа, либо врачебное учреждение. В низовом центре имеется фельдшерско-акушерский пункт, досуговое учреждение и/или отделение связи. В элементарном центре – либо только фельдшерско-акушерский пункт, либо досуговое учреждение и/или отделение связи.

Центры расселения выделялись путем совмещения группировок СНП по административным и обслуживающим функциям. Выделенные таким способом центры расселения различаются по набору объектов – организаторов пространства, что выражается в разной степени их центральности.

Переписью 2010 г. в Тверской области было учтено 9532 СНП, из которых 2230 – «населенные

пункты без населения» [Населенные..., 2012]. Этот лингвистический абсурд, разумеется, был исключен из анализа. В качестве центра расселения не рассматривался единственный в области сельский район-центр – с. Лесное, а также 15 крупных СНП, фактически слившихся с центрами районов. Составляя с ними единое целое, эти пункты не могут считаться самостоятельными центрами. Суммарная численность населения Лесного и этих 15 пунктов около 12 тыс. человек (примерно 3,5% от общей численности сельского населения области). При расчетах, соответственно, были уменьшены численность населения и число СНП в области и в районах, к которым принадлежат эти пункты. Рассматриваемый массив СНП, таким образом, состоит из 7286 пунктов.

Из 318 «сельских поселений», существовавших в Тверской области в 2010 г., в работе рассматриваются 299. Тринадцать «поселений» не имеют собственных центров, так как их администрации расположены в городах, поселках городского типа и в с. Лесное. Центры 6 «сельских поселений» – пригородные СНП, о которых сказано выше.

При выделении центров расселения учтено более 2,3 тыс. объектов социальной инфраструктуры: более 300 школ, около 140 врачебных учреждений и почти 600 фельдшерско-акушерских пунктов, более 600 досуговых центров (бывших домов культуры и клубов) и более 700 отделений связи.

Результаты исследований и их обсуждение.

Центры расселения. Судя по наличию в СНП названных выше объектов социальной инфраструктуры, число центров обслуживания составляет 947. Анализ распределения объектов по конкретным пунктам показал, что 98 из них полные, 187 неполные, 341 низовые и 321 элементарные. В табл. 1 приведена совмещенная группировка СНП по административным и обслуживающим функциям.

В 951 центре расселения проживают около 210 тыс. человек, что составляет 63% от суммарной численности населения всех рассматриваемых СНП, причем более половины (126 тыс. человек, почти 40% рассматриваемого населения) – в центрах двух высших категорий (полных и неполных). При средней по области людности СНП, составляющей 45 человек, средняя людность центров расселения равна 220. Для центров «сельских поселений» этот показатель составляет 401, для прочих – 137 человек (для бывших центров сельских округов – 155, для остальных – 124 человека).

Разумеется, в большинстве случаев административные и обслуживающие функции центров расселения находятся в более или менее полном взаимном соответствии. Две трети всех центров «сельских поселений» относятся к двум высшим группам центров обслуживания (полным и неполным), тогда как 9/10 от числа центров, не имеющих административных функций, принадлежит к двум низшим группам центров обслуживания (низовым и элементарным). Полные центры обслуживания представлены почти исключительно центрами «сельских поселений» (89 из 98), преобладают они и среди неполных центров (111 из 187). Среди низовых и элементарных центров обслуживания административные центры составляют менее 15%.

Полнота комплекса обслуживания во многом определяется «биографией» населенного пункта. Так, из 299 центров «сельских поселений» 12 – новые, т.е. не выполнявшие ранее функций центров сельских округов. Эти центры имеют менее полный комплекс обслуживания, чем остальные центры «сельских поселений». Каждый третий из них является элементарным центром, тогда как среди всех центров «сельских поселений» доля элементарных центров составляет лишь 9%. Бывшие центры сель-

Таблица 1

Группировка сельских населенных пунктов Тверской области по административным и обслуживающим функциям

Административные функции	Функции обслуживания населения					Всего
	полные центры	неполные центры	низовые центры	элементарные центры	без учреждений обслуживания	
Центры «сельских поселений»	89	111	67	28	4	299
Рядовые СНП	9	76	274	293	6335	6987
Всего	98	187	341	321	6339	7286

Исключив из общего числа СНП пункты, не выполняющие ни административные, ни обслуживающие функции (6335), получим число центров расселения, равное 951, что составляет 13% от общего числа рассматриваемых пунктов. На один центр расселения в среднем приходится по 6,7 СНП без административных и обслуживающих функций. В табл. 2 к числу центров добавлены данные о численности проживающего в них населения.

ских округов, наоборот, выделяются среди рядовых СНП более развитой социальной инфраструктурой. Среди них полные и неполные центры составляют 19%, а среди прочих рядовых – менее 9%. Доля элементарных центров обслуживания – 29 и 57% соответственно.

В области насчитывается 20 СНП, которые в прошлом были центрами административных районов, упраздненных в 1950-х – начале 1960-х гг. Все

Таблица 2

Центры расселения Тверской области

Административные функции	Функции обслуживания населения					Всего
	полные центры	неполные центры	низовые центры	элементарные центры	без учреждений обслуживания	
Центры «сельских поселений»	<u>89</u> 62 805	<u>111</u> 38 385	<u>67</u> 14 255	<u>28</u> 3790	<u>4</u> 534	<u>299</u> 11 9769
Рядовые СНП	<u>9</u> 8151	<u>76</u> 16 698	<u>274</u> 38 485	<u>293</u> 26 117	–	<u>652</u> 89 451
Всего	<u>98</u> 70 956	<u>187</u> 55 083	<u>341</u> 52 740	<u>321</u> 29 907	<u>4</u> 534	<u>951</u> 20 9220

П р и м е ч а н и е. Над чертой – число центров расселения (ед.), под чертой – численность населения (человек).

эти пункты, кроме одного, являются центрами «сельских поселений» и имеют полный комплекс объектов социальной инфраструктуры. Как правило, это наиболее значительные центры в своих районах, выполняющие функции «субцентров» – дублеров районных центров. Средняя людность этих центров – 870 человек. Обычно им принадлежит очень большая роль в организации жизнедеятельности населения на прилегающих территориях. Однако нам известно всего одно исследование, специально посвященное бывшим райцентрам [Борисенко, 1980]. В более общем плане место в системах расселения бывших административных центров (уездных, волостных, районных) рассмотрено в работе Л.А. Кранца [1988].

Группировка центров расселения по двум признакам дает представление о выполняемых ими функциях, но не позволяет выстроить их в ряд по степени центральности (выраженности центральных функций). С большой долей условности двумерная группировка была трансформирована в одномерную. Девять вариантов сочетания административных и обслуживающих функций (табл. 2) сведены в 5 классов центров расселения с разным уровнем (степенью) центральности (рис. 1):

1 – центры расселения высшего уровня – центры «сельских поселений» с полным набором услуг;

2 – центры расселения выше среднего уровня – центры «сельских поселений» с неполным набором услуг и рядовые СНП с полным набором;

3 – центры расселения среднего уровня – центры «сельских поселений» с низовым набором услуг и рядовые СНП с неполным набором;

4 – центры расселения ниже среднего уровня – центры «сельских поселений» с элементарным набором или совсем без услуг и рядовые СНП с низким набором услуг;

5 – центры расселения низшего уровня – рядовые СНП с элементарным набором услуг.

В табл. 3 приведены общие сведения о центрах выделенных классов. Как видно, размах значений людности во всех классах очень велик, но в целом

следует отметить сдвиг массива центров вниз по шкале людности относительно средних величин. Например, в 1-м классе при средней людности 706 человек 37 центров расселения имеют людность <500 и только 31 – от 501 до 1000, в 4-м классе при средней людности 140 человек 131 центр имеет людность <100 и только в 86 центрах людность составляет от 101 до 200 человек.

Наиболее крупные в своих районах центры расселения, выполняющие разнообразные функции по обслуживанию окружающей территории, часто называют кустовыми. В разное время по формальным критериям (людность и функции) в Тверской области выделялось 38, 47 и другое число кустовых центров [Социальная..., 2006; Территориальная..., 1993]. Но размеров и функций еще не достаточно, чтобы СНП действительно был кустовым центром. Для этого необходимо центральное положение по отношению к системам расселения, возглавляемым менее крупными центрами. Обычно кустовая система состоит из нескольких бывших внутрихозяйственных систем. Анализ картографических материалов показал, что в Тверской области только 23 центра расселения (19 центров 1-го и 4 центра 2-го класса) имеют хорошо выраженное центральное положение, позволяющее считать их кустовыми⁴, среди них 13 из 20 бывших райцентров. Положение еще 45 центров (27 центров 1-го и 18 центров 2-го класса) дает основание считать, что они обладают слабо выраженными чертами кустовых центров. Как и бывшие райцентры, кустовые центры – их состав, функции, связи с окружением – почти не изучены.

Иерархия центров и систем расселения. На рис. 2 схематически изображена иерархия центров расселения в трех районах области. Прежде чем приступить к анализу этих схем, дадим пояснения относительно правил их построения. Предполагается, что все системы расселения, находящиеся в пределах некоторого района, являются составными частями районной системы расселения, возглавляемой райцентром. Системы, образуемые центрами 1-го и 2-го классов, представлены на рис. 2 в виде

⁴ Для сравнения – Н.В. Солдатова [1994] выделила в Вологодской области 28 кустовых центров.

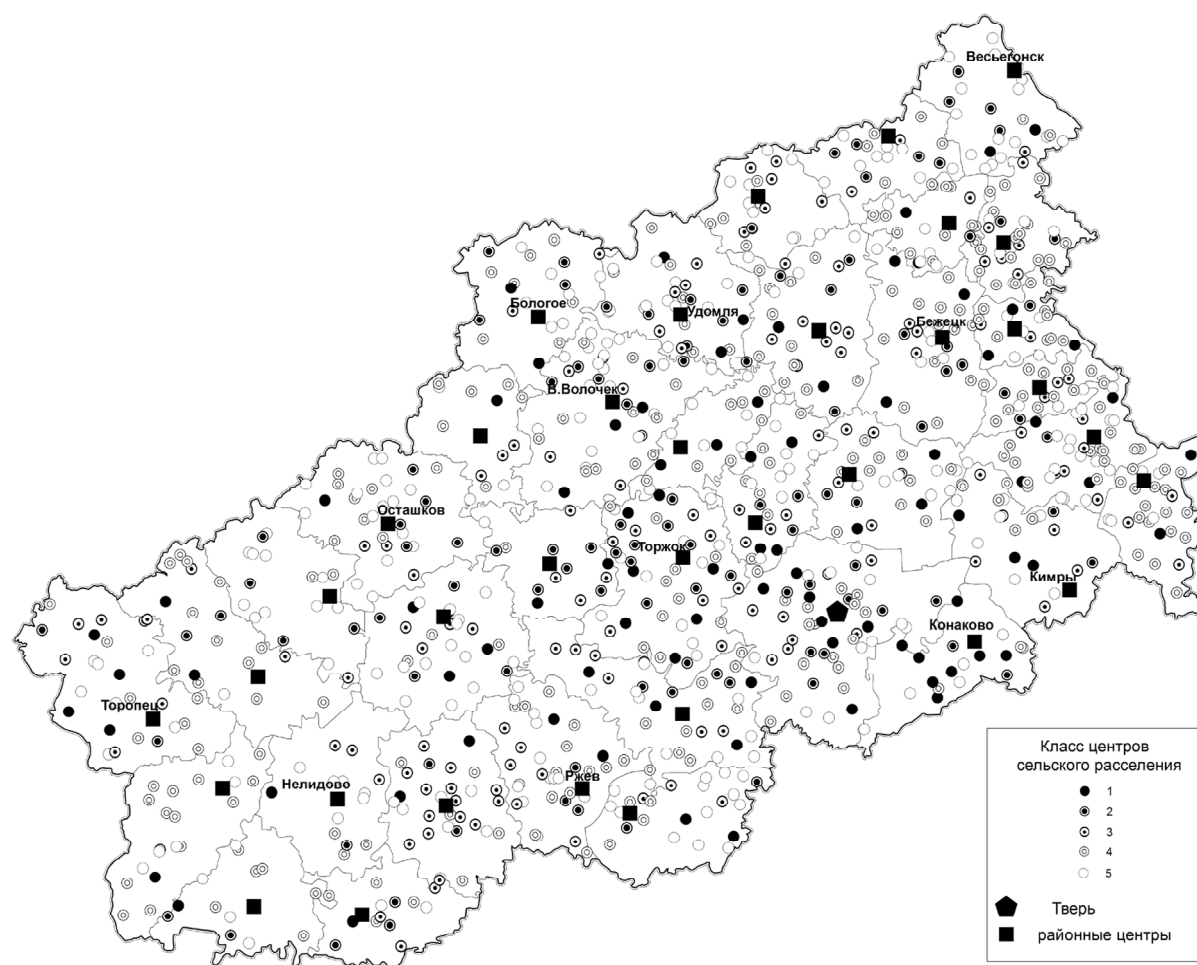


Рис. 1. Сельские центры расселения в Тверской области

Fig. 1. Rural settlement centers of the Tver oblast

самостоятельных иерархических образований. В их состав входит от 1 до 6 систем расселения, возглавляемых центрами менее высоких классов. Системы же, возглавляемые центрами 3-, 4- и 5-го классов, для экономии места сгруппированы в соответствии с их территориальной близостью и тяготением к основным автодорогам. Например, в Старицком районе к центру расселения 1-го класса Степурино тяготеют 4 центра бывших сельских округов (один 3-го и три 5-го класса). Во главе со Степурином

они образуют в юго-восточной части района хорошо выраженную кустовую систему. Группа из трех центров 4-го класса и одного центра 3-го класса в правой части схемы состоит из компактно расположенных на юг от Старицы бывших центров сельских округов, напрямую тяготеющих к райцентру.

Первое, на что следует обратить внимание, это наличие или отсутствие в районе центров 1- и 2-го классов. В Старицком районе таких центров 10 (по 5 того и другого класса), в Спировском – 3 центра 1-го

класса, в Краснохолмском – только 2 центра 2-го класса. По наличию наиболее крупных и комплексных центров можно судить об уровне сформированности районной системы.

В трех районах не выявлено ни одного случая тяготения центров 2-го класса к центрам 1-го класса или центров 3-го класса к центрам 2-го класса. Это объясняется существованием определенного, необходимого для соподчинения центров гра-

Таблица 3

Классификация сельских центров расселения по уровню центральности

Класс	Уровень центральности	Число пунктов	Суммарная численность, тыс. человек	Доля от общей численности сельского населения, %	Средняя людность, человек	Минимальная/максимальная людность, человек
1	Высший	89	62,8	19,0	706	137/2650
2	Выше среднего	120	46,5	14,1	388	69/1050
3	Средний	143	31,0	9,4	216	37/800
4	Ниже среднего	306	42,8	13,0	140	22/570
5	Низший	293	26,1	7,9	89	8/390
Всего		951	209,2	63,4	220	8/2650

Примечание. В последнем столбце не приводятся экстремальные значения (так называемые выбросы).

диента значений центральности. Близкие по набору социально значимых объектов центры не возникают в непосредственной близости один от другого. Они, наоборот, «отталкиваются», формируя свои зоны влияния.

Из 84 центров расселения, представленных на трех схемах, выявлено всего 2 центра 5-го класса, к которым не тяготеет ни один населенный пункт. Все остальные центры имеют «зависимые места» и с полным основанием могут считаться центрами систем расселения. По результатам нашего исследования в Тверской области существует более 900 систем сельского расселения различных рангов, но большинство из них в настоящее время имеет очень простую структуру. Если не говорить о тяготении к райцентру, почти во всех системах число ступеней ограничено двумя, а во многих и одной. На три изученных района приходится всего одна трехступенчатая система (в Краснохолмском районе).

Наиболее сложной структурой обладают системы, возглавляемые центрами 1-го класса. Даже системы с центрами 2-го класса в этом плане сильно уступают большинству из них. Системы с центрами 3- и 4-го классов имеют еще менее сложную структуру с небольшим числом случаев соподчинения центров. К центрам 5-го класса обычно тяготеют только СНП без каких-либо внешних функций.

Системы, образуемые центрами 3–5-го классов, либо непосредственно тяготеют к райцентру, либо входят в состав систем, возглавляемых центрами расселения двух первых классов. При неразвитой сети центров 1- и 2-го классов преобладает первый вариант, при развитой – второй. Например, в Старицком районе из 24 центров 3–5-го классов непосредственно к Старице тяготеют лишь 5, а в Краснохолмском из 30 центров 3–5-го классов непосредственно к Красному Холму тяготеют 13, к которым в свою очередь тяготеют еще 13 центров 4- и 5-го классов.

В предыдущих публикациях [Социальная..., 2006] отмечалось, что почти непрерывное закрытие предприятий и учреждений обслуживания вносит изменения в систему центров. Многие из них, в основном низших ступеней, перестают существовать в качестве центров обслуживания. В более крупных – происходит упрощение набора услуг, статус их как центров обслуживания понижается, часть из них со временем тоже утрачивает обслуживающие функции.

Изменения административного статуса СНП происходят в том же направлении, но носят более дискретный характер: в 2006 г. вместо 613 сельских округов (прежних сельсоветов) одновременно было образовано 318 «сельских поселений».

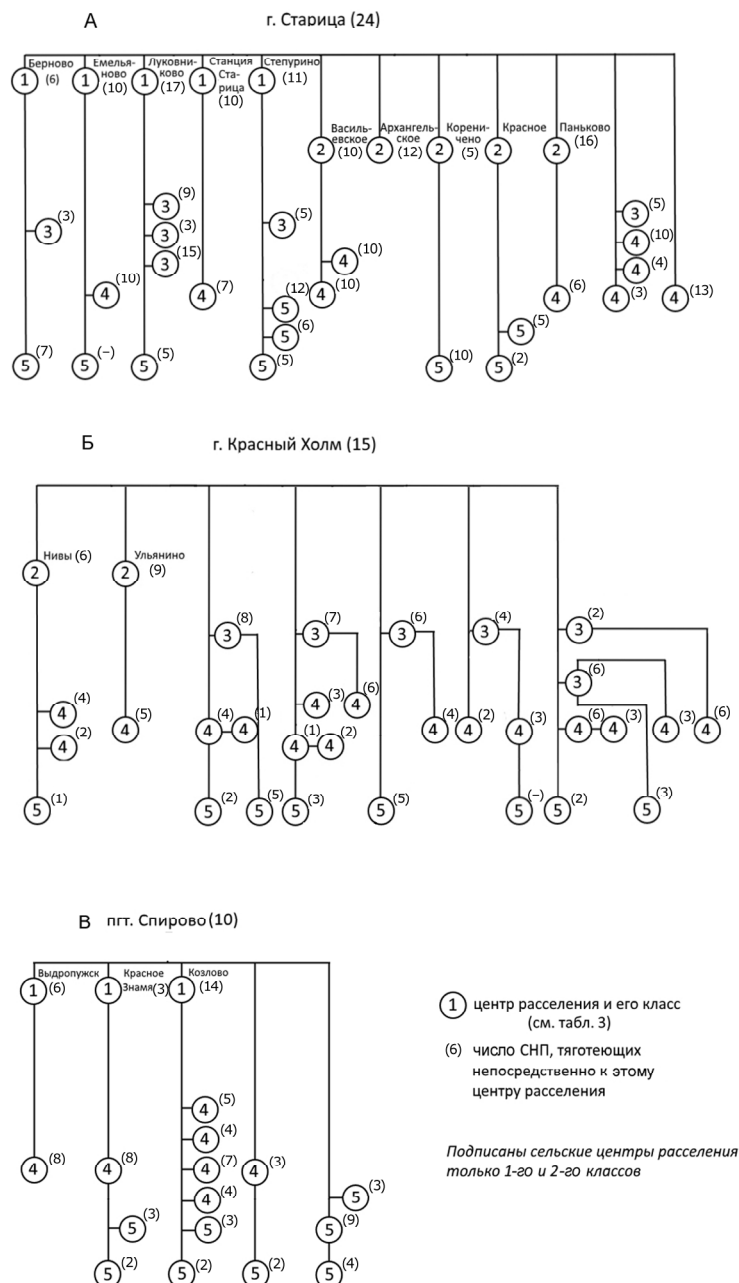


Рис. 2. Иерархия центров сельского расселения: А – Старицкий район, Б – Краснохолмский район, В – Спировский район

Fig. 2. The hierarchy of rural settlement centers: А – Staritsky District, Б – Krasnokholmsky District, В – Spirovsky District

Таким образом, в целом наблюдается нисходящее движение СНП по ступеням иерархии центров расселения, а также разрежение сети центров. Главная причина этого – деградация сети СНП, вызванная депопуляцией. Наибольшей, хотя и весьма относительной устойчивостью обладают крупные и комплексно развитые центры расселения, прежде всего те, которые отнесены здесь к 1- и 2-му классам. Сформировавшиеся в прошлом представления о многоступенчатой системе организации обслуживания в сельской местности [Алексеев и др., 1988] во многом устарели. Центры по-прежнему отличаются набором функций, что дает основание выделять их группы с разной степенью центральности, но сис-

темы расселения уже не имеют такой сложной иерархической структуры, как 30 лет назад и более.

Выводы:

– предложенный взгляд на системы сельского расселения через центральность образующих эти системы СНП позволил выявить практически континуальный ряд центров расселения и большое разнообразие возглавляемых этими центрами систем расселения. Иерархия центров и систем расселения носит нечеткий, размытый характер;

– объекты социальной инфраструктуры – основополагающие элементы поддержания жизни в населенном пункте, организаторы окружающего пространства. Они также выступают индикаторами возможных дальнейших изменений. Как показали полевые обследования некоторых СНП в Тверской области, свертывание сети учреждений услуг и укрупнение «сельских поселений» – это два взаимообусловленных процесса, которые усиливают отток сельского населения. По образному выражению специалиста одной из сельских администраций: «Если раньше вымирали деревнями, то теперь – упраздненными сельскими округами» (цит. по интервью);

– «биография» населенного пункта играет важную роль не только в процессах принятия управленческих решений (о размещении тех или иных учреждений, возможных административных преобразованиях и т.д.). Часто это сказывается на развитии всего СНП. Известны случаи, когда успех работающих сельскохозяйственных предприятий объяснялся именно накопленным опытом выполнения центральных и обслуживающих функций. В такой ситуации помогает не только сохранившаяся прежняя материальная база, но и «чуть-чуть другой менталитет людей» (цит. по интервью);

– понимание «анатомии» и «физиологии» систем расселения представляет не только чисто научный интерес. С его помощью можно было бы избежать многих ошибок, допускаемых региональными и районными властями при перестройке административно-территориального деления сельской местности, а также разработчиками схем территориального планирования муниципальных районов при выдвигании СНП на роль местных центров того или иного ранга.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта РФФИ (проект № 13-06-00895) и гранта РГНФ (проект № 15-03-00743).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Албитова Н.В. Степени зрелости районных систем расселения // Изв. ВГО. 1976. Т. 108, вып. 5. С. 411–415.

Алексеев А.И., Ковалев С.А., Ткаченко А.А. География сферы обслуживания: Учебное пособие. Калинин: Изд-во Калинин. ун-та, 1988. 85 с.

Алексеев А.И., Краснослободцев В.П., Гладкова О.Н. Территориальная подвижность населения и системы расселения в сельской местности России // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2007. № 4. С. 10–14.

Борисенко Г.Г. Место бывших райцентров в сфере обслуживания: на примере лесопромышленных районов Архангельской области // Изв. ВГО. 1980. Т. 112, вып. 4. С. 361–362.

Вихрѣв О.В. Центры сельского расселения Тверской области // Актуальные проблемы географии и геоэкологии. Тверь: Изд-во Тверского ун-та, 2013. С. 32–36.

Казаков Н.А. Эволюция сельских локальных систем расселения Чувашской республики в 1927–2002 годы: Автореф. канд. дисс. М., 2010. 22 с.

Ковалев С.А. Об экономико-географическом положении сельских поселений и его изучении // Вопр. географии. Сб. 41. Экономическая география. М., 1957. С. 134–176.

Кранц Л.А. Сельские центры: из прошлого – в настоящее // Вопр. географии. Сб. 132. Современное село: пути развития. М., 1988. С. 103–112.

Кулаков И.С. Территориальная организация сферы обслуживания в условиях мелкоселенного расселения (на примере Псковской области): Автореф. канд. дисс. М., 1989. 22 с.

Населенные пункты Тверской области: Всероссийская перепись населения 2010 года. Тверь: Тверьстат, 2012. 429 с.

Сараев Д.С. Современные тенденции в развитии районных систем расселения Волго-Вятского экономического района // Географические аспекты реконструкции населенных мест Нечерноземья. М., 1984. С. 10–21.

Солдатова Н.В. Генезис системы местных центров Вологодской области: Автореф. канд. дисс. М., 1994. 19 с.

Социальная инфраструктура в развитии городов и регионов современной России // География и региональное развитие. Вып. 4. Тверь: Научная книга, 2006. 92 с.

Территориальная организация сельской местности Нечерноземья. Тверь: Изд-во Калинин. ун-та, 1993. 136 с.

Ткаченко А.А. Территориальная общность в региональном развитии и управлении. Тверь: Изд-во Тверского ун-та, 1995. 155 с.

Ткаченко А.А., Фомкина А.А., Шаврин В.Н. Районные системы расселения Центральной России // Вопр. географии. Сб. 135. География населения и социальная география. М., 2013. С. 270–288.

Численность населения Тверской области: Всероссийская перепись населения 2010 года. Тверь: Тверьстат, 2012. 41 с.

Поступила в редакцию 19.01.2016

Принята к публикации 25.01.2016

O.V. Vikhryov¹, A.A. Tkachenko², A.A. Fomkina³RURAL SETTLEMENT SYSTEMS AND SETTLEMENT CENTERS
(CASE STUDY OF THE TVER OBLAST)

The paper presents a new perspective of the settlement system and a corresponding new approach to the identification of rural settlement systems. The approach is based on the idea of the centrality as a most important settlement feature. The concept of settlement system centers and techniques of their identification are introduced. Using the materials of the Tver oblast, several classes of the centers were identified according to the location of the local authorities and social infrastructure. Variants of center subordination and joining of the rural settlement systems were considered. It is concluded that the hierarchy of centers and the settlement systems appear to be fuzzy. It was also found out that the hierarchy of settlement system centers tends to become less complicated.

Keywords: rural settlement systems, settlement centers, the Tver oblast.

Acknowledgements. The study was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project № 13-06-00895) and the Russian Foundation for Humanities (project № 15-03-00743).

REFERENCES

- Albitova N.V.* Stepeni zrelosti rajonnyh sistem rasselenija [Maturity degree of district settlement systems], *Izvestija Vsesojuznogo geograficheskogo obshhestva*, 1976, T. 108, Vol. 5, pp. 411–415 (in Russian).
- Alekseev A.I., Kovalev S.A., Tkachenko A.A.* Geografija sfery obsluzhivaniya: uchebnoe posobie [Geography of the service sector: study guide], Kalinin, 1988, 85 p. (in Russian).
- Alekseev A.I., Krasnoslobodcev V.P., Gladkova O.N.* Territorial'naja podvizhnost' naselenija i sistemy rasselenija v sel'skoj mestnosti Rossii [Territorial mobility of the population and settlement system in rural areas], *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 5. Geografija*, 2007, no 4, pp. 10–14 (in Russian).
- Borisenko G.G.* Mesto byvshih rajcentrov v sfere obsluzhivaniya: na primere lesopromyshlennyh rajonov Arhangel'skoj oblasti [Place of the former district centers in the service sector: the example of forest industry districts in Arkhangelsk Region], *Izvestija Vsesojuznogo geograficheskogo obshhestva*, 1980, T. 112, Vol. 4, pp. 361–362 (in Russian).
- Chislennost' naselenija Tverskoj oblasti: Vserossijskaja perepis' naselenija 2010 goda [The population of Tver region: the National Population Census 2010], Tver', 2012, 41 p. (in Russian).
- Kazakov N.A.* Jevoľucija sel'skih lokal'nyh sistem rasselenija Chuvashskoj respubliki v 1927–2002 gody [Evolution of the rural local settlement systems in Chuvash Republic from 1927 to 2002 years]: Avtoref. kand. diss. M., 2010, 22 p. (in Russian).
- Kovalev S.A.* Ob jekonomiko-geograficheskom položenii sel'skih poselenij i ego izuchenii [About economic and geographical position of rural settlements and its studying], *Voprosy geografii, Jekonomicheskaja geografija* [Problem of Geography, Economic Geography], Vol. 41. Moscow, 1957, pp. 134–176 (in Russian).
- Kranc L.A.* Sel'skie centry: iz proshlogo – v nastojashhee [Rural centers: from the past to now], *Voprosy geografii, Sovremennoe selo: puti razvitija* [Problem of Geography, The modern village: ways of development], Vol. 132, Moscow, 1988, pp. 103–112 (in Russian).
- Kulakov I.S.* Territorial'naja organizacija sfery obsluzhivaniya v uslovijah melkoselennogo rasselenija (na primere Pskovskoj oblasti) [Territorial organization of the service sector in the small population settlement conditions (example of Pskov region)]: Avtoref. kand. diss. Moscow, 1989, 22 p. (in Russian).
- Naselennye punkty Tverskoj oblasti: Vserossijskaja perepis' naselenija 2010 goda [Settlements in Tver region: the National Population Census 2010], Tver', 2012, 429 p. (in Russian).
- Saraev D.S.* Sovremennye tendencii v razvitii rajonnyh sistem rasselenija Volgo-Vjatskogo jekonomicheskogo rajona [Modern trends in the development of district settlement systems in Volga-Vyatka economic region], *Geograficheskie aspekty rekonstrukcii naselennyh mest Nechernozem'ja*. Moscow, 1984, pp. 10–21 (in Russian).
- Social'naja infrastruktura v razvitii gorodov i regionov sovremennoj Rossii [Social infrastructure in cities and regions development of modern Russia], Vol. 4, Tver': Nauchnaja kniga, 2006, 92 p. (in Russian).
- Soldatova N.V.* Genezis sistemy mestnyh centrov Vologodskoj oblasti [Genesis of the local centers in Vologda region]: Avtoref. kand. diss. Moscow, 1994, 19 p. (in Russian).
- Territorial'naja organizacija sel'skoj mestnosti Nechernozem'ja: sb. nauchnyh trudov [Territorial organization of rural areas in Non-Chernozem zone: collection of scientific papers], Tver', 1993, 136 p. (in Russian).
- Tkachenko A.A.* Territorial'naja obshhnost' v regional'nom razvitii i upravlenii [Territorial community in regional development and management], Tver', 1995, 155 p. (in Russian).
- Tkachenko A.A., Fomkina A.A., Shavrin V.N.* Rajonnye sistemy rasselenija Central'noj Rossii [Settlement systems of municipal districts of Central Russia], *Voprosy geografii, Geografija naselenija i social'naja geografija* [Problem of Geography, Geography of Population and Social Geography], Vol. 135, Moscow, 2013, pp. 270–288 (in Russian).
- Vihrev O.V.* Centry sel'skogo rasselenija Tverskoj oblasti [The centers of the rural settlement pattern in Tver region], *Aktual'nye problemy geografii i geojekologii*, Tver, 2013, pp. 32–36 (in Russian).

Received 19.01.2016

Accepted 25.01.2016

¹ Tver State University, Faculty of Geography and Geoecology, alumnus; e-mail: vihk89@mail.ru

² Tver State University, Faculty of Geography and Geoecology, Department of Social and Economic Geography and Territorial Planning, Professor, D.Sc. in geography; e-mail: at.tver@mail.ru

³ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Economic and Social Geography of Russia, post-graduate student; e-mail: alpresents@mail.ru

УДК 528.854

Ле Хунг Чинь¹, М.К. Тарасов²

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ВЗВЕСИ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ ВОДОХРАНИЛИЩА ЧИ АН (ВЬЕТНАМ) ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Мониторинг взвешенных веществ – важная задача при оценке качества воды. Традиционные методы не всегда эффективны при решении задач на глобальном уровне. С развитием аэрокосмических методов космические изображения широко используются при оценке концентрации взвешенных веществ. Статья посвящена решению задачи мониторинга концентрации взвешенных частиц в поверхностной воде водохранилища Чи Ан (Вьетнам) по данным многозональной съемки Landsat-7. Полученные результаты могут быть использованы для создания карты распространения взвешенных веществ и оценки качества воды.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, мониторинг качества воды, взвешенные вещества, коэффициент отражения, Landsat-7, многозональная съемка.

Введение. Технологии дистанционного зондирования эффективно применяются при изучении окружающей среды, в том числе и для мониторинга качества воды [Никаноров, 2005; Doxaran et al., 2007; Moran et al., 1992]. Такие достоинства, как широкий охват территории и частая повторяемость съемки, делают их распространенным инструментом при изучении обширных акваторий водохранилищ [Cox et al., 1998; Wang et al., 2004; Yarger et al., 1973].

Статья посвящена методике определения мутности воды по космическим снимкам Landsat-7 и возможности использовать полученные данные при экологическом мониторинге качества воды. В качестве примера авторы рассматривают показатель предельного значения общего количества взвешенных частиц, представленный в «Национальном техническом регламенте качества поверхностной воды QCVN 08:2008/BTNMT» [National..., 2014] как один из основных параметров, используемых для классификации водных объектов в целях водопользования.

Водоохранилище Чи Ан образовалось в результате постройки в 1984–1987 гг. при помощи Советского Союза плотины электростанции на р. Донгнай (округ Вин Чу, провинция Донгнай), оно расположено на 80 км вверх по течению от г. Хошимин (рис. 1), это один из крупнейших во Вьетнаме водоемов с объемом воды 2765 км³ и площадью водной поверхности 323 км² [Dongnai..., 2015].

Показатель предельного значения общего количества взвешенных частиц – один из основных параметров при экологическом мониторинге водохранилищ. Взвешенные частицы ощутимо влияют на температуру воды, стратификацию и биологическую составляющую воды, а также на транспортировку химических веществ и патогенных агентов. Однако этот показатель не учитывает состав и происхождение взвешенных частиц. По полевым дан-

ным можно связать параметр концентрации взвеси с концентрацией вредных веществ.

Традиционные методы измерения мутности воды требуют больших временных и материальных затрат на организацию экспедиций по отбору проб воды и на лабораторные анализы, что делает практически невозможными такие исследования для всей акватории значительного по площади объекта, а тем более при изучении водных объектов на всей территории государства. Кроме того, оперативность получаемых данных о качестве воды остается очень низкой, что в свою очередь снижает качество прогнозирования. Эти проблемы могут быть решены с помощью применения дистанционных методов определения мутности воды.

Материалы и методы исследований. Для оценки концентрации взвешенных частиц в водохранилище Чи Ан использованы многозональные снимки ETM+/Landsat, сделанные 12 февраля 2010 г. (рис. 1) на борту Landsat-7 с помощью Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) – многозонального радиометрического датчика, имеющего 8 каналов с разным спектральным и пространственным разрешением (15, 30, 60 м). Среднее разрешение и большая ширина охвата (185 м) обуславливают наиболее частое применение снимков Landsat в региональных исследованиях.

В работе использованы снимки в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах спектра (0,459–0,515, 0,525–0,605, 0,630–0,690, 0,775–0,900 мкм) с пространственным разрешением 30 м.

Полевые данные получены в ходе научно-исследовательских экспедиций в январе–марте 2010 г. на 10 станциях (рис. 2), расположенных вдоль береговой линии водохранилища [Dongnai..., 2015]. Отбор проб выполнялся во время сухого сезона при незначительном колебании величины расхода рек

¹ Государственный технический университет имени Ле Куй Дона, кафедра геодезии и картографии, Вьетнам, Ханой, PhD, канд. техн. н.; e-mail: tringlehung125@gmail.com

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики, аспирант; e-mail: mixail.tarasov@gmail.com

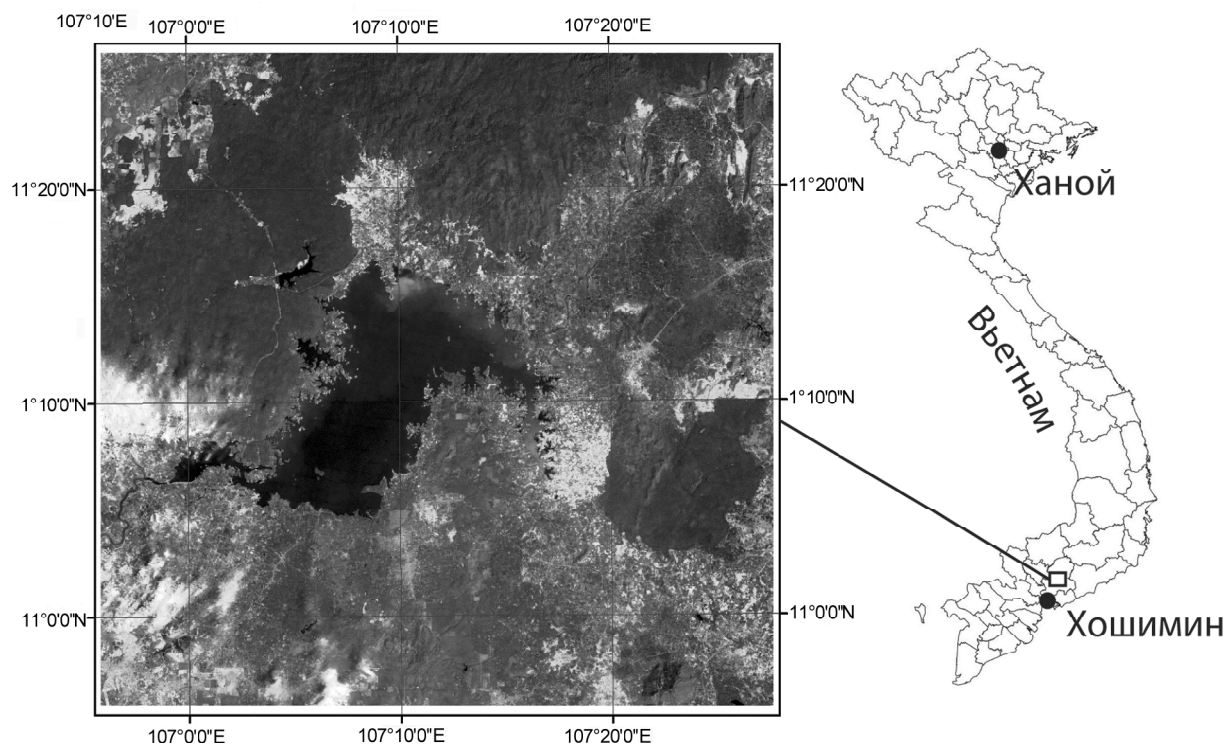


Рис. 1. Водохранилище Чи Ан, съемка ETM+/Landsat-7, 12 февраля 2010 г.

Fig. 1. The Tri An water reservoir. ETM+/Landsat-7, February 12, 2010

(табл. 1) [Dung et al., 2014]. Для р. Донгнай эти колебания составили 11% от среднегодового показателя расхода, для р. Ланга – 14%.

В середине сухого сезона, который во Вьетнаме длится с ноября по апрель включительно, в составе взвеси в реках абсолютно преобладают русловые наносы [Алексеевский, 1998], следовательно, мутность воды напрямую зависит от расхода воды. Это дает нам основание говорить о том, что мутность воды в реках за период отбора проб изменилась незначительно.

Концентрация взвешенных частиц определена методом фильтрации проб воды (табл. 2). В общем случае увеличение мутности повышает яркость водной толщи. Следовательно, задача определения концентрации взвешенных минеральных частиц по аэрокосмическим снимкам сводится к установлению зависимости между ней и яркостью изображения водной поверхности на снимке.

Подготовка съемочных данных. Выделение изображения водной поверхности (маскирование изображения суши) выполнено с использованием автоматического алгоритма

[Alesheikh et al., 2007]. Чтобы избежать погрешностей, связанных с условиями съемки, первоначальные значения яркости (DN) необходимо перевести в значения коэффициента отражения на верхней границе атмосферы путем радиометрической и атмосферной коррекции изображения.

На первом этапе значения яркости на снимке DN преобразуются в единицы спектрального излучения

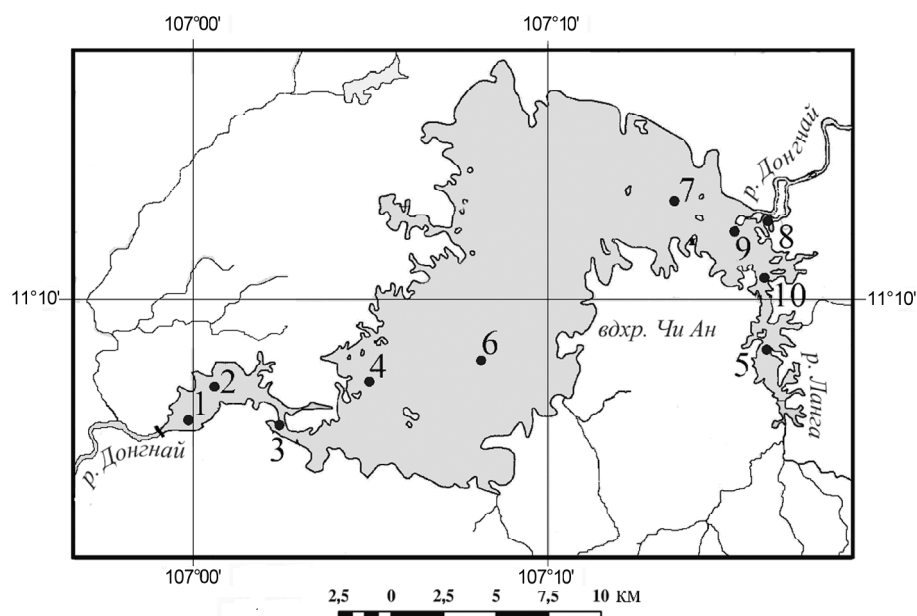


Рис. 2. Точки отбора проб на концентрацию взвешенных частиц в водохранилище Чи Ан в феврале 2010 г., по [LANDSAT-7..., 2014]

Fig. 2. Sampling sites over the Tri An water reservoir on February 12, 2010, by [LANDSAT-7..., 2014]

Таблица 1

Среднемесячный расход воды в реках Донгнай и Ланга в 2010 г., м³/с

Река	Месяц												Среднее
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Донгнай	81	54	45	78	168	304	460	709	783	709	353	151	324
Ланга	19	12	9	11	27	69	121	181	179	153	73	35	74

на апертуре сенсора (L_λ) с помощью калибровочных параметров по формуле [Landsat..., 2014]:

$$L_\lambda = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{DN_{\max} - DN_{\min}} (DN - DN_{\min}) + L_{\min}, \quad (1)$$

где L_λ – спектральное излучение на апертуре сенсора [Вт/(м²sr, нм)], $DN_{\max}$ и $DN_{\min}$ – максимальное и минимальное квантованное калиброванное значения пиксела снимка соответственно ($DN_{\max} = 255$, $DN_{\min} = 1$) [DN], DN – квантованное калиброванное значение пиксела снимка, $L_{\max}$ и $L_{\min}$ – спектральное излучение на сенсоре для каждого канала ETM+/Landsat, приведенное к значениям DN от 1 до 255 [Вт/(м²sr, нм)] (табл. 3).

Таблица 2

Концентрация взвешенных частиц в точках отбора проб, мг/л

Станция отбора проб	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Концентрация взвеси	2	2	3	2	3	2	6	13	13	23

На втором этапе для атмосферной коррекции использован метод темных объектов. Как предложено в работах [Chavez, 1996; Moran et al., 1992], вычисляется теоретическое спектральное излучение «темного» объекта и теоретический коэффициент отражения принимается за 1%:

$$L_{\lambda 1\%} = \frac{0,01 \cos(\Theta_s) d^2}{\pi ESUN_\lambda}, \quad (2)$$

где $ESUN_\lambda$ – среднее внеатмосферное солнечное излучение [Вт/(м²sr, нм)], приведенное в табл. 3; Θ_s – зенитный угол Солнца [град.]; d – расстояние от Земли до Солнца [астрон. ед.], которое может быть вычислено по формуле: $d = (1,0 - 0,01674 \cos(0,9856(D - 4)))$, где D – порядковый номер дня в году.

На третьем этапе вычисляются значения параметра дымки, которая может присутствовать на изображении:

$$L_{\lambda haze} = L_\lambda - L_{\lambda 1\%}. \quad (3)$$

На последнем этапе предварительной подготовки снимка значения спектрального излучения преобразуются в значения яркости на верхней границе атмосферы по следующей формуле:

$$\rho = \frac{\pi d^2 (L_\lambda - L_{\lambda 1\%})}{ESUN_\lambda \cos(\Theta_s)}. \quad (4)$$

Известно, что для поверхностных вод прослеживается строгая взаимосвязь между спектральными характеристиками и натурными измерениями мутности [Никаноров, 2005; Doxaran et al., 2007; Rodriguez-Guzman, Gilbes-Santaella, 2009]. Для определения связи между значениями яркости в первых 4-х каналах LANDSAT и результатами полевых измерений использовано уравнение линейной регрессии:

$$SS = 7,19B1 + 5,60B2 - 2,64B3 + 2,28B4 - 141,34, \quad (5)$$

где SS – концентрация взвешенных частиц в воде (мг/л), $B1$, $B2$, $B3$, $B4$ – значения яркости на верхней границе атмосферы (σ) для голубого, зеленого, красного и ближнего ИК-каналов соответственно. Алгоритм расчета концентрации взвешенных частиц по снимкам Landsat показан на рис. 3. Величина достоверности аппроксимации (R^2) равна 0,87, что соответствует высокому показателю взаимосвязи данных.

Заключительный этап – создание карты распределения мутности в поверхностном слое воды в водохранилище на основе пересчитанного в значения мутности снимка Landsat. Непрерывная шкала, охватывающая весь диапазон значений концентрации, была разделена на ступени. Интервал между ступенями должен быть как минимум в 2 раза больше, чем ошибка определения показателя по карте. Среднее отклонение смоделированных значений мутности от реальных составило около 1 мг/л, что дает основание принять шаг в легенде в 2 мг/л. Итоговая карта представлена на рис. 4.

Таблица 3

Значения $L_{\max}$ и $L_{\min}$ и параметры солнечного излучения ($ESUN$) для ETM+/Landsat-7, по [LANDSAT-7..., 2014]

Канал	Длина волны, нм	$L_{\max}$	$L_{\min}$	$ESUN$, Вт/м ² sr, нм
1	0,450–0,515	191,6	–6,2	1997
2	0,525–0,605	196,5	–6,4	1812
3	0,630–0,690	152,9	–5,0	1533
4	0,750–0,900	241,1	–5,1	1039

Результаты исследований и их обсуждение.

На построенной нами карте зафиксировано распределение концентрации взвешенных частиц в водохранилище Чи Ан 12 февраля 2010 г. С помощью карты можно проанализировать концентрацию взве-

си в воде и маршруты ее распространения более детально, чем при полевых исследованиях.

Определенная по карте мутность воды колеблется от 0 до 23 мг/л. На основной акватории водохранилища значения мутности составляют 2–8 мг/л, при этом в северной части мутность воды выше, чем в южной. Самые высокие значения мутности на карте (>18 мг/л) наблюдаются в восточной части водохранилища в устьях рек Донгнай и Ланга. В узком устье р. Ланга на протяжении 10 км мутность постепенно несколько снижается, но ближе к устью р. Донгнай возрастает снова. Таким образом, твердый сток двух крупных рек образует в северной части акватории участок повышенной концентрации взвеси, которая максимальна у полуострова, вдающегося в водохранилище с севера. Далее часть взвеси распространяется на юг. При движении к плотине взвесь постепенно оседает, и средняя мутность воды в южной части водохранилища снижается до 2–4 мг/л.

Связь между хозяйственной освоенностью берегов водохранилища и мутностью воды не наблюдается. Вблизи водохранилища нет крупных населенных пунктов, западное побережье покрыто лесами, остальная часть используется под сельское хозяйство. При этом у западного побережья наблюдается заметное повышение мутности, что противоречит логике (у залесенного берега должна наблюдаться меньшая мутность воды, чем у занятого сельскохозяйственными посадками). Это может быть связано с таким явлением, как направление перемещения волн на акватории водохранилища в момент съемки. Некоторое повышение мутности у берегов в это время могло быть связано с сильной береговой абразией [Wetlands..., 2001].

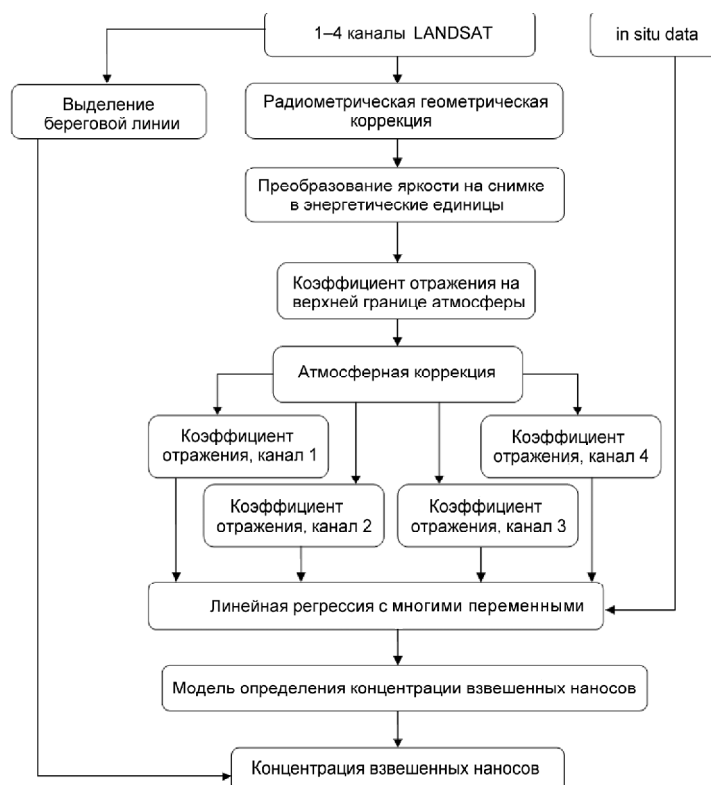


Рис. 3. Алгоритм определения значений концентрации взвешенных частиц по снимкам ETM+/Landsat-7

Fig. 3. The algorithm of evaluation of suspended matter concentrations from the ETM+/Landsat-7 images

Анализ полученных результатов пространственного распределения мутности показал, что концентрация взвешенных частиц в приповерхностных водах водохранилища Чи Ан в феврале 2010 г. неравномерна. Отмечены области с повышенной концентрацией взвеси (устья рек Донгнай, Ланга, северное побережье), но при этом основная поверхность водохранилища имеет мутность воды, соответствующую

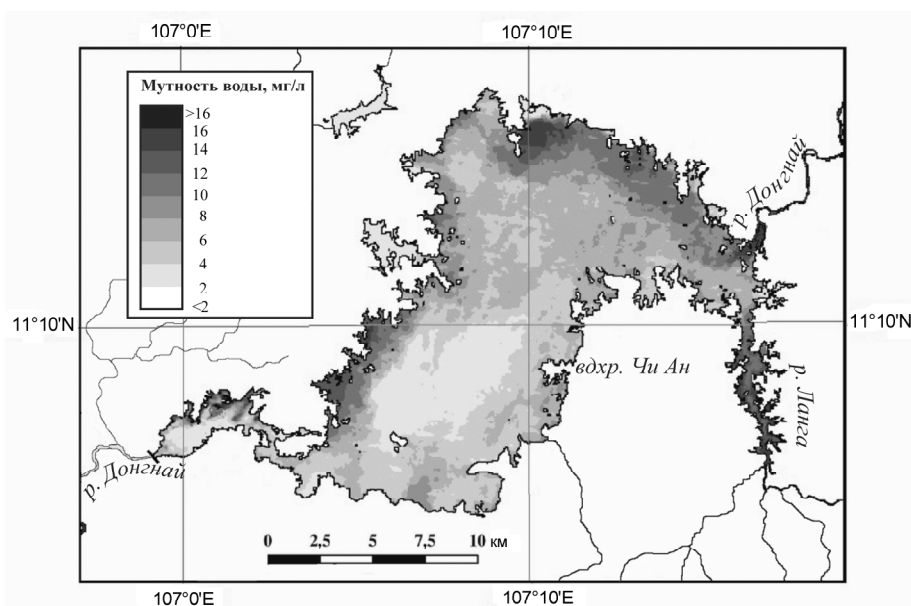


Рис. 4. Концентрация взвешенных частиц в поверхностном слое водохранилища Чи Ан 12 февраля 2010 г.

Fig. 4. Suspended matter concentrations in surface water of the Tri An water reservoir

высокому качеству согласно показателю предельного значения общего количества взвешенных частиц, т.е. эти воды можно использовать для водохозяйственных целей, частично с применением необходимых технологий.

Полученная с помощью дистанционных методов информация хорошо соотносится с результатами государственного мониторинга качества поверхностных вод в водохранилище Чи Ан. По данным наблюдений выявлено низкое качество поверхностных вод в верхнем бьефе водохранилища Чи Ан, в устье р. Донгнай и в нескольких других точках. Департамент природных ресурсов и окружающей среды Вьетнама сообщает, что в этих областях концентрация взвешенных частиц во много раз превышает допустимые нормы для водохозяйственных целей. Основные районы с повышенной мутностью воды связаны с устьями рек Донгнай и Ланга, мутность которых в сухой сезон составляет 30–40 мг/л [Dongnai..., 2015].

Выводы:

- представлен простой и эффективный метод оценки концентрации взвешенных частиц в мутных эстуарных водах с использованием космических снимков;
- использованная модель оценки концентрации взвешенных частиц по значениям яркости в первых 4-х каналах многозонального снимка Landsat оказа-

лась успешной для исследования поверхностных вод в водохранилище Чи Ан. Карта, составленная с помощью данных дистанционного зондирования, отображает общую тенденцию к снижению концентрации взвешенных частиц при движении от устьев крупных рек к плотине, что соотносится с обширным опытом исследований водохранилищ [Авакян и др., 1987; Савкин, 2000; Cesare et al., 2001] и с результатами государственного мониторинга качества воды;

– по карте можно детально определить концентрацию взвеси в водохранилище и маршруты ее распространения. Связав определенную по карте концентрацию взвеси с параметром предельного значения общего количества взвешенных частиц, можно использовать эти данные при экологическом мониторинге качества воды в водохранилище;

– представленный метод позволяет получать карты мутности воды в водохранилище в любое время без использования наземных данных. Кроме того, с помощью этого метода можно строить карты распространения взвешенных частиц по всей акватории водохранилища, что невозможно с помощью точечного отбора проб воды;

– полученная таким образом информация может быть крайне полезна для органов управления водными ресурсами и для разработки программы по мониторингу наиболее динамичных и проблемных зон.

Благодарности. Авторы выражают глубокую благодарность И.А. Лабутиной за помощь при подготовке статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Авакян А.Б., Салтанкин В.П., Шарапов В.А. Водохранилища. М.: Мысль, 1987. 325 с.
- Алексеевский Н.И. Формирование и движение речных наносов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. 202 с.
- Никаноров А.М. Научные основы мониторинга качества вод. СПб.: Гидрометеоздат, 2005. 576 с.
- Савкин В.М. Водохранилища Сибири, водно-экологические и водно-хозяйственные последствия их создания // Сибирский экол. журн. 2000. Т. 2. С. 109–121.
- Alesheikh A.A., Ghorbanali A., Nouri A. Coastline change detection using remote sensing // Int. J. Environ. Sci. Tech. 2007. Vol. 4, N 1. P. 61–66.
- Cesare G.D., Schleiss A., Hermann F. Impact of turbidity currents on reservoir sedimentation // J. Hydraulic Engineering. 2001. Vol. 127, N 1. P. 6–16.
- Chavez P.S. Image-based atmospheric corrections – revisited and improved // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 1996. Vol. 62(9). P. 1025–1036.
- Cox Jr R.M., Forsythe R.D., Vaughan G.E., Olmsted L.L. Assessing water quality in Catawba River reservoirs using Landsat thematic mapper satellite data // Lake and Reservoir Management. 1998. Vol. 14, N 4. P. 405–416.
- Dongnai Department of Natural resources and Environment. URL: <http://tnmtdongnai.gov.vn/> (дата обращения: 25.12.2015).
- Doxaran D., Froidefond J., Lavender S., Castaing P. Spectral signature of highly turbid waters application with SPOT data to quantify suspended particulate matter concentrations // Remote Sensing of Environment. 2007. Vol. 81. P. 149–161.
- Dung D.D., Anh N.N., Ha D.T. Evaluation of changes of water resources in the Dong Nai river basin and its surrounding basins // J.

Water Resources and Environmental Engineering. 2014. Vol. 47. P. 19–26.

LANDSAT-7 science data users handbook (NASA). URL: <http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/> (дата обращения: 16.10.2014).

Moran M.S., Jackson R.D., Slater P.N., Teillet P.M. Evaluation of simplified procedures for retrieval of land surface reflectance factors from satellite sensor output // Remote Sensing of Environment. 1992. Vol. 41, Iss. 2–3. P. 169–184.

National Environmental Report 2012, Ministry of Natural Resources and Environment, Vietnam. URL: <http://vea.gov.vn> (дата обращения: 16.10.2014).

National technical regulations on surface water quality QCVN 08:2008/BTNMT. URL: <http://monre.gov.vn> (дата обращения: 16.10.2014).

Rodriguez-Guzman V., Gilbes-Santaella F. Using MODIS 250 m Imagery to Estimate Total suspended sediment in a Tropical open bay // Intern. J. Systems Applications, Engineering & Development. 2009. Vol. 3, Iss. 1. P. 36–44.

Wang Y., Xia H., Fu J., Sheng G. Water quality change in reservoirs of Shenzhen, China: detection using LANDSAT/TM data // Sci. Total Environment. 2004. Vol. 328, N 1. P. 195–206.

Wetlands with high biodiversity and environmental value in Viet Nam. Hanoi: Ministry of Natural Resources and Environment, 2001.

Yarger H.L., McCauley J.R., James G.W. et al. Water turbidity detection using ERTS-1 imagery // NASA. Goddard Space Flight Center Symp. on Significant Results obtained from the ERTS-1. 1973. Vol. 1, Sect. A and B. P. 651–658.

Поступила в редакцию 14.05.2015
Принята к публикации 25.01.2016

Le Hung Trinh¹, M.K. Tarasov²EVALUATION OF SUSPENDED MATTER CONCENTRATIONS
IN SURFACE WATER OF THE TRIAN WATER RESERVOIR
(VIET NAM) USING THE REMOTE SENSING DATA

Monitoring of suspended matter is an important task for water quality evaluation. Traditional methods are not always effective for solving the problems at the global level. The development of aerospace techniques widens the application of space images for the assessment of suspended matter concentrations. The paper deals with the problem of how the Landsat 7 multi-spectral imagery could be used for the monitoring of suspended particles in the surface water of the Tri An water reservoir (Vietnam). The results of the study could be used for the mapping of the distribution of suspended matter and the evaluation of water quality.

Keywords: remote sensing, water quality monitoring, suspended matter, reflectance, LANDSAT, multi-spectral images.

Acknowledgements. The authors are deeply grateful to Irina Alekseevna Labutina for her assistance in preparing the paper.

REFERENCES

- Avakjan A. B., Saltankin V. P., Sharapov V.A.* Vodohranilishha [Water reservoirs], Moscow, Mysl', 1987, 325 p. (in Russian).
- Alekseevskij N.I.* Formirovanie i dvizhenie rechnyh nanosov [The formation and transport of river sediments], Moscow, Izd-vo Mosk. un-ta, 1998, 202 p. (in Russian).
- Alesheikh A.A., Ghorbanali A., Nouri A.* Coastline change detection using remote sensing // *Int. J. Environ. Sci. Tech.* 2007. Vol. 4, N 1. P. 61–66.
- Cesare G.D., Schleiss A., Hermann F.* Impact of turbidity currents on reservoir sedimentation // *J. Hydraulic Engineering.* 2001. Vol. 127, N 1. P. 6–16.
- Chavez P.S.* Image-based atmospheric corrections – revisited and improved // *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.* 1996. Vol. 62(9). P. 1025–1036.
- Cox Jr R.M., Forsythe R.D., Vaughan G.E., Olmsted L.L.* Assessing water quality in Catawba River reservoirs using Landsat thematic mapper satellite data // *Lake and Reservoir Management.* 1998. Vol. 14, N 4. P. 405–416.
- Dongnai Department of Natural resources and Environment. URL: <http://tnmtdongnai.gov.vn/> (дата обращения: 25.12.2015).
- Doxaran D., Froidefond J., Lavender S., Castaing P.* Spectral signature of highly turbid waters application with SPOT data to quantify suspended particulate matter concentrations // *Remote Sensing of Environment.* 2007. Vol. 81. P. 149–161.
- Dung D.D., Anh N.N., Ha D.T.* Evaluation of changes of water resources in the Dong Nai river basin and its surrounding basins // *J. Water Resources and Environmental Engineering.* 2014. Vol. 47. P. 19–26.
- LANDSAT-7 science data users handbook (NASA). URL: <http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/> (дата обращения: 16.10.2014).
- Moran M.S., Jackson R.D., Slater P.N., Teillet P.M.* Evaluation of simplified procedures for retrieval of land surface reflectance factors from satellite sensor output // *Remote Sensing of Environment.* 1992. Vol. 41, Iss. 2–3. P. 169–184.
- National Environmental Report 2012, Ministry of Natural Resources and Environment, Vietnam. URL: <http://vea.gov.vn> (дата обращения: 16.10.2014).
- National technical regulations on surface water quality QCVN 08:2008/BTNMT. URL: <http://monre.gov.vn> (дата обращения: 16.10.2014).
- Nikanorov A.M.* Nauchnye osnovy monitoringa kachestva vod [Scientific basis for water quality monitoring]. SPb., Gidrometeoizdat, 2005, 576 p. (in Russian).
- Rodriguez-Guzman V., Gilbes-Santaella F.* Using MODIS 250 m Imagery to Estimate Total suspended sediment in a Tropical open bay // *Intern. J. Systems Applications, Engineering & Development.* 2009. Vol. 3, Iss. 1. P. 36–44.
- Savkin V.M.* Vodohranilishha Sibiri, vodno-jeologicheskie i vodno-hozjajstvennye posledstviya ih sozdanija [Siberian reservoirs, hydro-ecological and economic effects of their creation], *Sibirskij jeologicheskij zhurnal*, 2000. Vol. 2, pp. 109–121 (in Russian).
- Wang Y., Xia H., Fu J., Sheng G.* Water quality change in reservoirs of Shenzhen, China: detection using LANDSAT/TM data // *Sci. Total Environment.* 2004. Vol. 328. N 1. P. 195–206.
- Wetlands with high biodiversity and environmental value in Viet Nam. Hanoi: Ministry of Natural Resources and Environment 2001.
- Yarger H.L., McCauley J.R., James G.W.* et al. Water turbidity detection using ERTS-1 imagery // *NASA. Goddard Space Flight Center Symp. on Significant Results obtained from the ERTS-1.* 1973. Vol. 1, Sect. A and B. P. 651–658.

Received 14.05.2015

Accepted 25.01.2016

¹ Le Quy Don University of Science and Technology, Department of Geodesy and Cartography, PhD; e-mail: trinhlehung125@gmail.com

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Cartography and Geoinformatics, post-graduate student; e-mail: mixail.tarasov@gmail.com

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 314.743

М.С. Савоскул¹**ЭМИГРАЦИЯ ИЗ РОССИИ В СТРАНЫ ДАЛЬНОГО ЗАРУБЕЖЬЯ В КОНЦЕ XX – НАЧАЛЕ XXI века**

Рассмотрены тенденции эмиграции из России в страны дальнего зарубежья в конце XX–начале XXI в. Основными странами эмиграции стали Германия, Израиль, США. Выявлены закономерности и масштаб потоков эмиграции на протяжении 30 лет. Рассмотрены факторы выезда из страны: исторические, институционально-политические, экономические; выявлены факторы, определяющие географию регионов выезда эмигрантов в страны дальнего зарубежья.

Процессы эмиграции в дальнее зарубежье рассмотрены в рамках концепции территориальных миграционных систем, которая предполагает циклический характер формирования и процесса международной миграции. В миграционный процесс включаются определенные социально-территориальные общности, формируя, таким образом, географию внешней миграции.

Использованы данные Федеральной службы государственной статистики, представленные на официальном сайте ведомства, данные миграционной статистики, опубликованные в демографических ежегодниках Росстата, данные Всероссийских переписей населения 2002, 2010 гг., на основе которых выполнены расчеты и построены карты. Для анализа региональных особенностей эмиграции населения России выбран период 1993–2012 гг., что обусловлено доступностью статистических данных. Отдельное внимание обращено на сложности учета международных мигрантов в России и на особенности сопоставления данных в разных странах о числе международных мигрантов.

Ключевые слова: эмиграция, потоки мигрантов, учет мигрантов, региональные особенности эмиграции, Россия.

Введение. После нескольких десятилетий миграционной изоляции, Россия в 1990-е гг. активно включилась в процессы международной миграции населения. В сферу миграционного влияния России входят страны СНГ, откуда прибывают трудовые мигранты, возрастает поток эмиграции россиян в страны дальнего зарубежья. Ж.А. Зайончковская [2001] и П.М. Полян [2005] насчитывают три волны эмиграции населения из СССР и относят период после 1991 г. к четвертой волне эмиграции, акцентируя внимание на новых характеристиках потока эмиграции. Эмиграция четвертой волны характеризуется прежде всего не политическими, а экономическими причинами, ярко выраженной географией выезда (эмигрантов привлекают в основном Германия, Израиль, США), а также преобладанием доли этнических мигрантов в эмиграционном потоке.

В 2000-е гг. происходили изменения в характере эмиграции из России, снизился масштаб этого процесса, появились новые причины эмиграции, изменились структурные характеристики мигрантов, трансформировалась география регионов выезда эмигрантов. Поэтому постсоветский период эмиграции населения целесообразно разделить на несколько этапов, различающихся по масштабу эмиграции, потокам эмигрантов, причинам выезда.

В ходе исследования выявлены и проанализированы этапы эмиграции из России в страны дальнего зарубежья за постсоветский период. Выявле-

ны масштаб, временные и региональные закономерности эмиграционного процесса, представлен анализ структуры эмигрантов по основным странам въезда. Уделено внимание новейшим изменениям в географии российской эмиграции в 2000-е гг. Основная задача работы – систематизация и обобщение результатов эмиграции из России в страны дальнего зарубежья за постсоветский период.

Материалы и методы исследований. Использованы данные Федеральной службы государственной статистики, представленные на официальном сайте ведомства, данные миграционной статистики, опубликованные в демографических ежегодниках Росстата, данные Всероссийских переписей населения 2002, 2010 гг., на основе которых выполнены расчеты и построены карты. Основные методы исследований – статистический, аналитический, картографический.

Для анализа региональных особенностей эмиграции населения России выбран период 1993–2012 гг., что обусловлено доступностью статистических данных.

Система учета международных мигрантов в России. Начиная с 1983 г. Росстат предоставляет данные о внешней миграции в дальнее зарубежье. Данные Росстата о международной миграции населения в России получают в результате разработки документов статистического учета прибытия и выбытия, поступающих от территориальных органов Федеральной миграционной службы, которые

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России, доцент, канд. геогр. н.; e-mail: savoskul@yandex.ru

составляются при регистрации или снятии с регистрационного учета населения по месту жительства [Демографический..., 2010, с. 400].

Данные о международных миграциях населения предоставляет также Федеральная миграционная служба РФ, Погранслужба РФ. Переписи населения служат источником данных об объемах международных миграций населения [Население..., 2013, с. 329–333].

Система учета международных мигрантов в России постоянно меняется. Так, в начале 2000-х гг. в учет международных мигрантов попадали только те, кто зарегистрирован по месту жительства, – преимущественно граждане России, и учитывались международные мигранты, оформившие гражданство России в стране проживания. В 2003 г. данные о международных мигрантах, зарегистрированных по месту жительства, стали дополняться сведениями о мигрантах, зарегистрированных по месту пребывания на срок один год и более. Но эти сведения были неполными [Население..., 2012, с. 344–347].

В 2007 г., помимо указанных выше категорий мигрантов, в учет стали включать иностранных граждан и лиц без гражданства, впервые получивших разрешение на временное проживание в РФ. Изменения миграционного учета привели к тому, что число учтенных международных мигрантов увеличилось в 1,5 раза, доля граждан России в числе международных мигрантов снизилась до 76% (ранее эта доля составляла 84% в 2003 г. и 91% в 2006 г. [там же, с. 345]).

Начиная с 2011 г. в статистический учет долгосрочной миграции населения включают лиц, зарегистрированных по месту пребывания на срок 9 месяцев и более, а также лиц, снятых с регистрационного учета по месту пребывания в связи с окончанием срока пребывания, что в итоге увеличило показатели международной миграции населения, в том числе и данные об эмиграции [Демографический..., 2010].

В 2011 г. ФМС создала автоматизированную систему учета иностранных граждан, которая включает данные о числе международных мигрантов на определенный момент времени; данные систематизированы по полу, возрасту, стране выхода мигрантов, продолжительности пребывания в России, цели поездки [Население..., 2012, с. 347]. Кроме того, с 2012 г. международные мигранты, у которых истек срок пребывания в России, автоматически снимаются с учета и включаются в число выбывших мигрантов, даже в случае если они де-факто остаются в стране. Это связано с введением в действие автоматизированного учета мигрантов и санкций за нарушение миграционного законодательства [Население..., 2013, с. 329]. Таким образом, в 2012–2014 гг. резко возрос объем эмиграции.

Сложности сопоставления данных о международных миграциях населения. Сложность анализа масштаба и направления потока эмигрантов заключается в следующем. Во-первых, в разных странах применяются различные критерии к оценкам численности мигрантов, что в итоге приводит к разному числу международных мигрантов, предоставляе-

мому статистическими агентствами стран. Ситуация несколько улучшилась в середине 2000-х гг., когда в интернете были сформированы статистические базы данных Евростата, с 2011 г. стали доступны данные Отдела народонаселения ООН.

Во-вторых, качество учета иммигрантов в странах, их принимающих, практически всегда выше, чем качество учета эмигрантов в странах-донорах [Денисенко, 2013]. Сравнение данных российской статистики эмиграции и данных зарубежных источников показывает, что российские данные по ряду стран преуменьшают объем эмиграционного потока. Российская статистика не учитывает в структуре эмиграции возросшей роли таких стран, как Испания, Австрия, Италия [там же].

В-третьих, отдельная трудность учета международных мигрантов состоит в том, как пишет М.Б. Денисенко, что само понятие «эмиграция навсегда» в условиях глобализации утрачивает значимость [Денисенко, 2002, 2013]. Новые формы коммуникации в современном мире меняют условия и формы миграции. Часть тех, кого учитывают в странах въезда как эмигрантов, возвращаются обратно. И наоборот, временные трудовые мигранты, продлевая трудовые контракты и визы, часто становятся долгосрочными мигрантами.

Эмиграционная статистика России чаще всего не учитывает тех, кто выезжает с целью обучения или работы и не снимается с учета в России. По мнению экспертов, большую часть подобных эмигрантов составляют студенты и высококвалифицированные специалисты. Подтверждение этому можно найти, сопоставив, например, данные о числе эмигрантов из России в Германию с данными о въезде в Германию из России только этнических немцев (рис. 1). Статистические данные Германии о числе мигрантов из России превышают данные российской статистики в 1,5–2 раза. Но когда речь идет о числе немцев, выезжающих из России в Германию, т.е. как раз о той группе, которую в России снимают с учета, то они попадают в российскую статистику международной миграции, и число мигрантов по данным статистики России и Германии существенным образом не различается.

На этом основании многие исследователи считают, что данные отечественной статистики занижают реальный масштаб эмиграции из России [Денисенко, 2002, 2013].

Изучение эмиграции в России имеет относительно недавнюю историю. Первая работа, посвященная анализу эмиграции в дореволюционной России, появилась в 1928 г., ее автором был председатель Центрального статистического комитета СССР В.В. Оболенский (Осинский) [1928]. В конце 1920-х гг. данные миграционной статистики стали закрытой информацией, тема эмиграции практически исчезла из сферы научного интереса [Денисенко, 2013]. Важным событием на фоне отсутствия публикаций, посвященных международным миграциям, стали перевод и публикация в 1969 г. монографии польского исследователя А. Марианьского «Современные миграции населения» [1969].



Рис. 1. Эмиграционный отток из России Германию по российским (а) и немецким (б) данным (тыс. чел.), по данным Росстата и федерального ведомства Германии по делам мигрантов и беженцев

Fig. 1. Emigration from Russia to Germany according to Russian (a) and German (b) data (thousand people), the Federal State Statistics Service data and the data of the Federal Office for Migration and Refugees

Интерес к эмиграционной тематике, как и массовая эмиграция из России и других республик бывшего СССР, стал усиливаться в конце 1980-х гг. — начале 1990-х гг. Среди наиболее значимых публикаций, посвященных истории эмиграции, можно назвать публикации П.М. Поляна [2005], посвященные волнам эмиграции из СССР/России. Постсоветские эмиграции рассматривают Ж.А. Зайончковская [2001], М.Б. Денисенко [2002]. Значительная часть публикаций посвящена итогам первого десятилетия после распада СССР.

Изучение эмиграции из России менее популярная тема, чем исследования, посвященные возвратной миграции соотечественников после 1991 г. или современной трудовой миграции в Россию. Среди работ о эмиграции из России важное место занимают исследования «утечки умов», касающиеся вопросов высококвалифицированной эмиграции и студенческой эмиграции, наиболее значимые исследования по этим темам представлены в публикациях И.Г. Ушкалова и И.А. Малахи [2016], а также в работе О.С. Чудиновских, М.Б. Денисенко, Е.В. Донец [2003]. Практически не встречается работ, где обращено внимание на региональные аспекты эмиграции из России в дальнее зарубежье после 1991 г.

До сих пор нет обобщающей работы российских исследователей, посвященной постсоветской эмиграции в дальнее зарубежье. Наиболее полно эта тема рассмотрена в монографии исследовательницы из Франции А. Танги «Великая миграция: Россия и россияне после падения железного занавеса» [2012].

Результаты исследований и их обсуждение.

Процессы эмиграции в дальнее зарубежье рассмотрены автором в рамках концепции территориальных миграционных систем, которая предполагает циклический характер формирования и процесса международной миграции, включение в миграционный процесс определенных социально-территориальных общностей, что формирует, таким образом, географию внешней миграции [Ивахнюк, 2008; Массей, 2002].

Масштаб эмиграции из России. Всего с 1983 по 2014 г. по данным Росстата из России в страны

дальнего зарубежья на постоянное или продолжительное время выехало более 1,5 млн человек.

В 1993 г. в России был принят закон о свободе въезда-выезда для всех граждан страны. Опасение, что открытие границ России вызовет огромный всплеск эмиграции, не оправдалось [Зайончковская, 2001], даже при наличии неучтенных Росстатом эмигрантов. Вероятнее всего, не столь высокая эмиграционная активность жителей России, помимо прочих причин, объясняется и тем, что Россия (особенно в современных границах) до 1917 г. не была страной массовой эмиграции. Ж.А. Зайончковская [2001] отмечает, что большая часть эмигрантов из России в период межконтинентальных миграций в США на рубеже XIX–XX вв. выезжала не из России в ее современных границах, а из других частей империи — Украины, Белоруссии, прибалтийских губерний.

Эмиграция из СССР делится на три волны эмиграции. Два первых потока — вынужденные волны эмиграции в период Первой мировой войны, революции и гражданской войны, а также потоки эмиграции в результате Второй мировой войны. Масштаб первых двух волн эмиграции из России в XX в. демографы оценивают в 11–14 млн человек [Зайончковская, 2001; Полян, 2005]. Третий период, затронувший послевоенный период, значительно уступал по масштабам первым двум и оценивается приблизительно в 1 млн эмигрантов [там же].

Основными странами, принимающими эмигрантов из России на рубеже XX–XXI вв., стали Германия, Израиль и США (рис. 2).

Этапы эмиграции из России в 1983–2014 гг. Выявление четких временных этапов эмиграции за рассматриваемый период во многом условно, но оно облегчает анализ эмиграционной ситуации и позволяет выявить закономерности развития миграционного процесса (рис. 3, табл. 1) Процесс эмиграции носит циклический характер, что прослеживается при рассмотрении данных о числе ежегодных эмигрантов на протяжении нескольких десятилетий. На рис. 3 видны период резкого роста потока эмигрантов, время стабилизации эмиграции на высоком уровне

не (до 100 тыс. человек ежегодно), период эмиграционного «затишья» и увеличение эмиграционного потока, обусловленного новыми причинами, т.е. начало новой эмиграционной волны.

В 1983–1989 гг. за несколько лет до распада СССР сформировались предпосылки и направления основных миграционных потоков в 1990-х гг. В начале 1980-х гг. ежегодная эмиграция из РФ составляла не более 3 тыс. человек. После длительного периода минимального миграционного оттока из СССР/России эмиграция в 1987 г. возросла до 10 тыс. человек в год (рис. 3), в 1988 г. из страны выехали более 20 тыс. эмигрантов, в 1989 г. число мигрантов превысило 47 тыс. человек.

На 1990–1999 гг. приходится продолжительный пик волны эмиграции из России в постсоветский период. До 1990 г. поток эмигрантов из России ежегодно удваивался, превысив 100 тыс. эмигрантов. В 1991–1999 гг. по данным российской статистики ежегодно из России эмигрировали 80–100 тыс. человек. Всего в 1990-е гг. в страны дальнего зарубежья эмигрировали около 1 млн человек.

Лидер, притягивающий эмигрантов из России на этом этапе, – Германия, куда выехали 570 тыс. человек (57% всех эмигрантов в 1990-е гг.); на 2-м месте – Израиль, куда эмигрировали 256 тыс. человек (25,6%), на 3-м месте – США, куда эмигрировали 112 тыс. человек (11,2%).

Эмиграция 1990-х гг. носит преимущественно этнический характер. В начале 1990-х гг. более половины эмигрантов составляли немцы и евреи, важный вклад внесла и «утечка умов» из страны, направленная в первую очередь в США. Несмотря на этнический характер миграции, для многих эмигрантов основной причиной эмиграции была экономическая, а этничность становилась каналом облегченного переезда в новую страну.

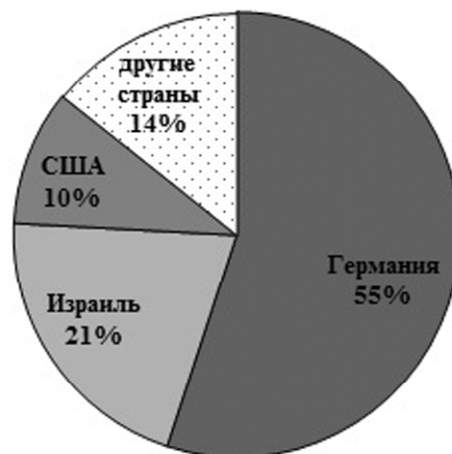


Рис. 2. Структура эмиграции из России по основным странам в 1983–2014 гг., по данным Росстата

Fig. 2. Emigration from Russia to principal countries during 1983–2014, according to the Federal State Statistics Service data

Период 2000–2005 гг. отличается от предыдущего этапа снижением масштаба миграционного оттока в страны дальнего зарубежья, что связано во многом с исчерпанием эмиграционного потенциала немецкого населения России. Ежегодный спад эмиграционной волны составил по данным российской статистики 5 тыс. человек (рис. 3, табл. 2). Общий отток эмигрантов в страны дальнего зарубежья в 2000–2005 гг. составил 296,5 тыс. человек. Структура выезда по странам свидетельствует о росте доли эмиграции в Германию (221 тыс. человек), что составило 71% от общего числа эмигрантов. Выезд в Израиль составил 9,4% от общего числа выехавших (29 тыс. человек), в США – 8,7% (27 тыс. человек). Как упоминалось выше, не исключено, что относительно невысокие показатели эмиграции из России в Израиль и США могут быть

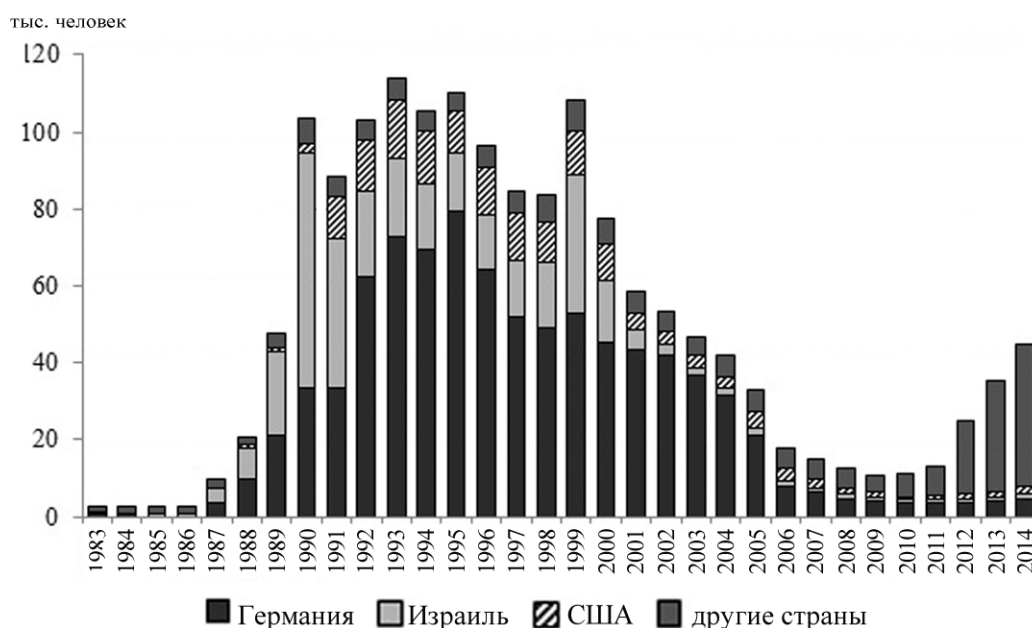


Рис. 3. Эмиграция из России в страны дальнего зарубежья в 1983–2014 гг., по данным Росстата

Fig. 3. Emigration from Russia to the non-CIS countries during 1983–2014, according to the Federal State Statistics Service data

Таблица 1

Характеристика этапов миграции в конце XX – начале XXI в.*

Годы	Масштаб эмиграции по данным Росстата, человек	Основные страны эмиграции	Основные причины эмиграции	Характеристики миграционного потока
1983–1989	90 тыс.	Германия, Израиль	политические, экономические	Высококвалифицированные мигранты, жители Москвы и Санкт-Петербурга, этнические мигранты (евреи, немцы)
1990–1999	1 млн	Германия, Израиль, США	экономические, семейные	Этнические мигранты (немцы, евреи), высококвалифицированные мигранты, жители Москвы и Санкт-Петербурга, сельские жители Западной Сибири
2000–2005	312 тыс.	Германия	экономические, учебные, семейные	Снижение доли этнических мигрантов, образованные жители крупных городов; сохраняется поток из Западной Сибири
2006–2011	80 тыс.	Германия, Испания, Канада, Великобритания	экономические, учебные, научные, деловые поездки, семейные	Этническая эмиграция минимальна, образованные молодые жители крупных городов, студенты
2012–2014	105 тыс.	Германия, Китай, КНДР, Вьетнам, Турция	экономические, учебные, научные, деловые поездки, семейные	В число эмигрантов из-за изменения системы учета попадают иностранные граждане, трудовые мигранты из стран Азии, студенты

*Составлена автором.

связаны с особенностями учета внешней миграции из России. Несмотря на высокую долю Германии и Израиля в структуре выезда, эмиграция на этом периоде перестала быть этнической, в структуре эмигрантов снизилась доля немцев и евреев и увеличилась доля русских. Помимо этнического канала эмиграции, эмигранты выезжали также по учебным причинам, по академической линии и т.д.

В 2006–2011 гг. происходило снижение масштаба эмиграции в страны дальнего зарубежья, это время минимальных показателей эмиграции за весь постсоветский период. В 2006–2011 гг. из России эмигрировали немногим более 80 тыс. человек. Помимо снижения числа эмигрантов изменилась география выезда из России. Доля Германии в по-

токе эмигрантов сократилась до 38,5% (выехали 31 тыс. чел.), доля Израиля – до 7,8% (выехали 6,4 тыс. человек), доля США – до 12% (10 тыс. человек), на остальные страны приходится уже более 40% эмигрантов. В этот период сформировались новые черты процесса эмиграции из России, которые более рельефно проявились в 2012–2014 гг. Расширилась и изменилась география выезда в страны дальнего зарубежья.

Этап 2012–2014 гг. нельзя выделить как отдельный период эмиграции из России, но в эти три года продемонстрировано закрепление новых тенденций эмиграции из России. Так, продолжился стабильно не очень высокий выезд в Германию (на уровне 4 тыс. эмигрантов ежегодно), Израиль (около 1 тыс. эмигрантов ежегодно), США (1–2 тыс. эмигрантов ежегодно). Из-за изменения системы миграционного учета в статистике стал заметен совершенно иной характер по сравнению с эмиграцией 1990-х–начала 2000-х гг., – рост эмиграции из России в Китай, Вьетнам, КНДР, Индию и Турцию (рис. 4) вызван не выездом в эти страны граждан России, а активизацией трудовой миграции в Россию граждан указанных стран, которые после окончания трудового договора выезжают из России. Данные Росстата о гражданстве эмигрантов это подтверждают.

Можно говорить о завершении эмиграционного цикла 1990-х гг. Сформировались новые эмиграционные тенденции. Конечно, нельзя со 100%-ной вероятностью утверждать, что Россия полностью сменит вектор эмиграционных связей на восточный, но нельзя игнорировать и тот факт, что рынок труда России привлекает не только граждан стран СНГ.

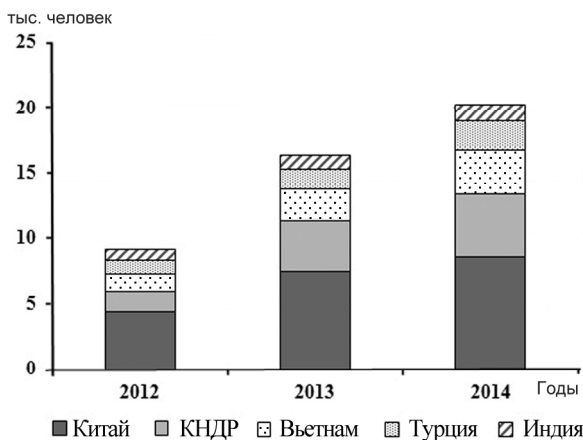


Рис. 4. Эмиграция из России в некоторые страны дальнего зарубежья в 2012–2014 гг., по данным Росстата

Fig. 4. Emigration from Russia to some non-CIS countries during 2012–2014, according to the Federal State Statistics Service data

Факторы и отличительные черты эмиграции. За весь рассматриваемый период основными факторами эмиграции из России были следующие: исторические условия формирования населения России, институционально-политические изменения, экономическая ситуация.

Исторический фактор играл в эмиграции из России в постсоветский период значительную роль. В частности, не возникла бы эмиграционная волна немецкого населения, если бы не было долгой истории приглашения немецких переселенцев в Российскую империю, а затем образования Республики немцев Поволжья и последовавшей депортации немцев СССР в Сибирь и Северный Казахстан в годы Великой Отечественной войны.

Институциональные и политические изменения, начавшиеся в 1980-е гг. и продолжившиеся уже в 1990-х гг., привели к коренному изменению миграционной политики в отношении эмиграции населения. Несомненно, что рост эмиграции в конце 1980-х – начале 1990-х гг. был среди прочих факторов связан с исчезновением «железного занавеса». Одно из первых решений, принятых в сфере внешней миграционной политики еще до распада СССР, – введение в 1987 г. новых дополнений в Положение о въезде в СССР и выезде из СССР, когда был расширен и конкретизирован круг потенциальных мигрантов, имеющих право выезжать за границу СССР на постоянное жительство [Герман и др., 2005, с. 346], что активизировало еврейскую и немецкую эмиграцию.

Влияние экономического фактора проявляется в зависимости от экономического развития страны. С одной стороны, экономический кризис 1990-х гг., несомненно, усилил поток эмигрантов из страны. Например, резкий рост эмиграции в Израиль в 1999 г. связан с дефолтом 1998 г. (рис. 2). С другой стороны, экономический рост 2000-х гг. стал притягивающим фактором для иммигрантов в Россию и, возможно, сократил потенциальный масштаб эмиграции.

Несомненно, важную роль в формировании эмиграционных потоков играют не только факторы в стране выезда эмигрантов, но и политическая, экономическая, социальная ситуация в странах приема международных мигрантов.

К особенностям российской эмиграции в начале рассматриваемого периода относится выраженная этническая составляющая мигрантов, так как более 70% эмигрантов составляли немцы и евреи [Население..., 2012, с. 507], а также выезд в ограниченный круг стран.

К началу 2000-х гг. параллельно со снижением масштаба эмиграции растет доля русских в эмиграционном потоке (41,4% в 2000 г.) [там же, 2012, с. 507]. Эмиграция в Германию перестает быть исключительно немецкой. Если эмиграция в США в начале 1990-х гг. более чем на 50% состояла из еврейского населения России, то к началу 2000-х гг. 70% мигра-

ционного потока в США составили русские [там же, с. 507].

Жители России все чаще оказываются вовлечены в «мягкую» эмиграцию, т.е. уезжают не навсегда и неизвестно куда, без надежды на возвращение, как это было в конце 1980-х – начале 1990-х гг., а наоборот, уезжают с контрактами на работу, на обучение в зарубежные университеты. Например, в 2010 г. по данным ЮНЕСКО около 35 тыс. студентов из России обучались в зарубежных университетах [Население..., 2012, с. 511]. По данным ФМС России в том же 2010 г. за рубежом трудоустроились 70 тыс. российских граждан. Часть из временно выехавших в дальнее зарубежье, возможно, останется там на более долгий срок, часть вернется в Россию. При этом для России, в отличие от многих стран Восточной Европы, не характерна низкоквалифицированная эмиграция. Современный характер российской эмиграции приобретает черты, скорее, типичные для эмиграции в странах Западной Европы.

Регионы России, откуда эмигранты выезжают в дальнее зарубежье. Указанные выше факторы и черты российской эмиграции в постсоветский период определяют и географию регионов выезда. Потоки эмиграции формируют определенные территориальные общности населения, связанные между собой социальными отношениями. У одних территориальных общностей населения выше вероятность быть вовлеченными в эмиграционный процесс, чем у других. Именно поэтому характерная черта географии эмиграции из России – неравномерность распределения эмигрантов по регионам выезда (табл. 2, рис. 5–7).

В 1990-е гг., в период пика выезда немцев в Германию на 10 регионов-лидеров по числу всех эмигрантов в страны дальнего зарубежья пришлось 58% всех эмигрантов, при этом из Омской области и Алтайского края выехали 23% от общего эмиграционного потока². Это свидетельствует о преимущественно этническом характере эмиграции на данном этапе – выезд приходился на регионы компактного и массового проживания немцев в РФ. В Омской области по данным Всесоюзной переписи населения 1989 г. проживали 134,2 тыс. немцев (15,9% всех немцев РФ), в Алтайском крае – 127,7 тыс. (15,2% всех немцев РФ) (рис. 5). В этот период география выезда в страны дальнего зарубежья из регионов европейской части России отличается большим разнообразием, лидеры по числу эмигрантов в этой части страны – Москва, Санкт-Петербург и Краснодарский край, откуда эмигрировало еврейское население в Израиль и США.

Тенденции выезда в страны дальнего зарубежья из регионов России в 2000–2005 гг. существенным образом не изменились, по-прежнему лидирующие позиции по числу эмигрантов сохраняли регионы Западной Сибири (рис. 6). Из Омской области и Алтайского края выехали 24% всех эмигрантов в дальнее

² Границы этапов эмиграции, по которым построены карты и табл. 2, отличаются от основных этапов миграции, указанных выше в тексте статьи, что вызвано наличием статистических данных об эмиграции в региональном разрезе.

Таблица 2

Регионы-лидеры по числу эмигрантов в 1993–2012 гг.*

Регион, 1993–1999 гг., поток эмигрантов за период, тыс. человек		Регион, 2000–2005 гг., поток эмигрантов за период, тыс. человек		Регион, 2006–2012 гг., поток эмигрантов за период, тыс. человек	
Омская область	80,8	Омская область	43,9	г. Москва	10,2
Алтайский край	60,3	Алтайский край	30,4	Омская область	5,6
г. Москва	44,1	Новосибирская область	12,8	Приморский край	4,4
г. Санкт-Петербург	39,3	Кемеровская область	12,2	г. Санкт-Петербург	4,2
Краснодарский край	25,7	Краснодарский край	12,1	Алтайский край	4,1
Новосибирская область	25,0	г. Санкт-Петербург	11,4	Хабаровский край	3,9
Волгоградская область	22,2	г. Москва	11,4	Краснодарский край	3,9
Челябинская область	21,3	Челябинская область	10,8	Новосибирская область	3,8
Оренбургская область	19,8	Свердловская область	9,2	Московская область	3,5
Свердловская область	18,1	Саратовская область	9,1	Свердловская область	3,1

*Составлена автором по данным Росстата.

зарубежье, несмотря на существенное снижение числа немцев в этих регионах по данным Всероссийской переписи 2002 г. Первые 10 регионов-лидеров по числу эмигрировавших дают более половины эмиграционного оттока. В европейской части РФ лидеры по числу эмигрантов на данном этапе – Краснодарский край, Санкт-Петербург, Москва, Саратовская область, число выезжающих из этих субъектов сократилось.

В 2006–2011 гг., когда изменился характер миграции и расширилась география выезда в дальнее зарубежье, снизилась доля эмигрантов из регионов

Западной Сибири в общем числе эмигрантов (рис. 7, табл. 2). Доля прежних лидеров – Омской области и Алтайского края составила 9% от общего потока мигрантов. На 1-е место по числу эмигрантов вышла Москва, в списке регионов-лидеров по числу эмигрантов появились Приморский край и Хабаровский край, жители которых вовлечены в Азиатскую миграционную систему.

Таким образом, основные факторы, определяющие регионы эмиграции в России на рубеже веков, – этническая структура населения региона;

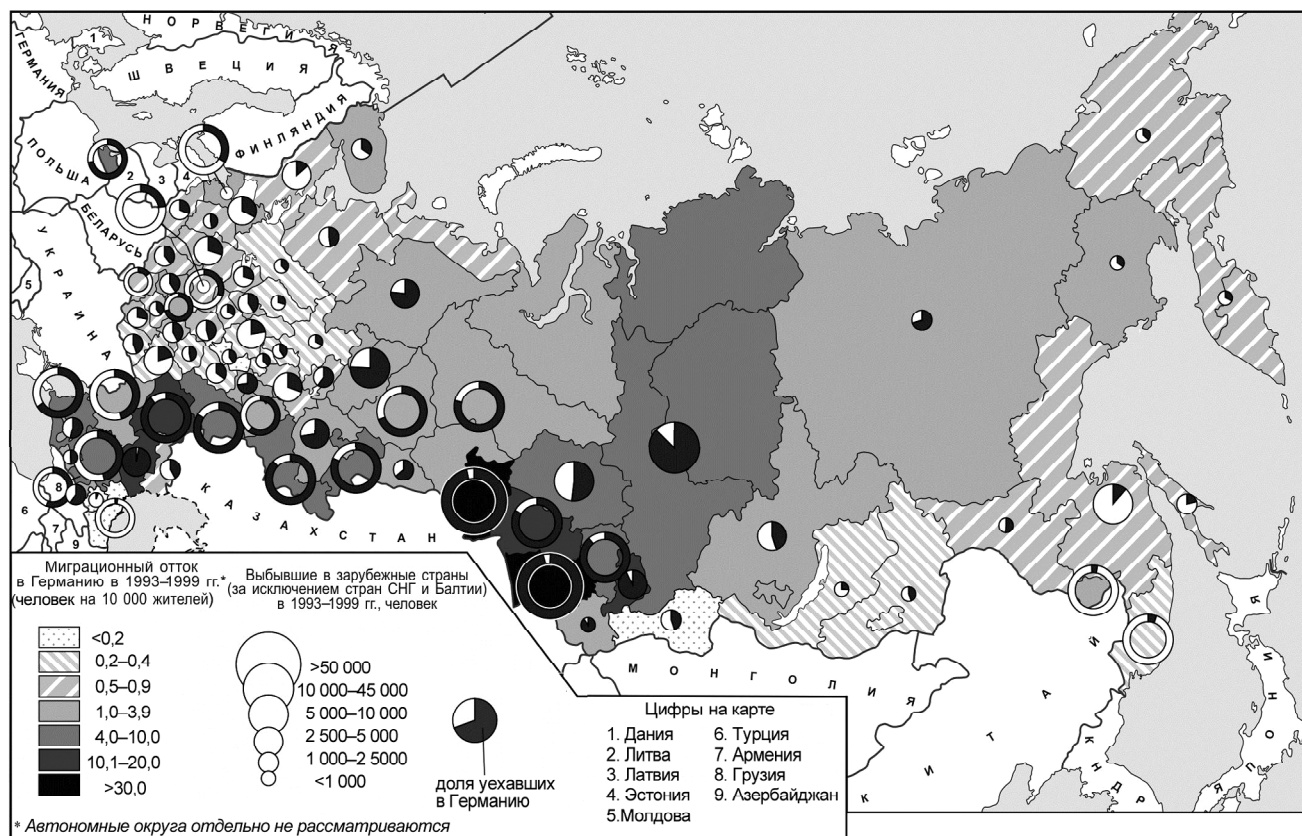


Рис. 5. Эмиграция из России в страны дальнего зарубежья в 1993–1999 гг., по данным Росстата

Fig. 5. Emigration from Russia to the non-CIS countries during 1993–1999, according to the Federal State Statistics Service data

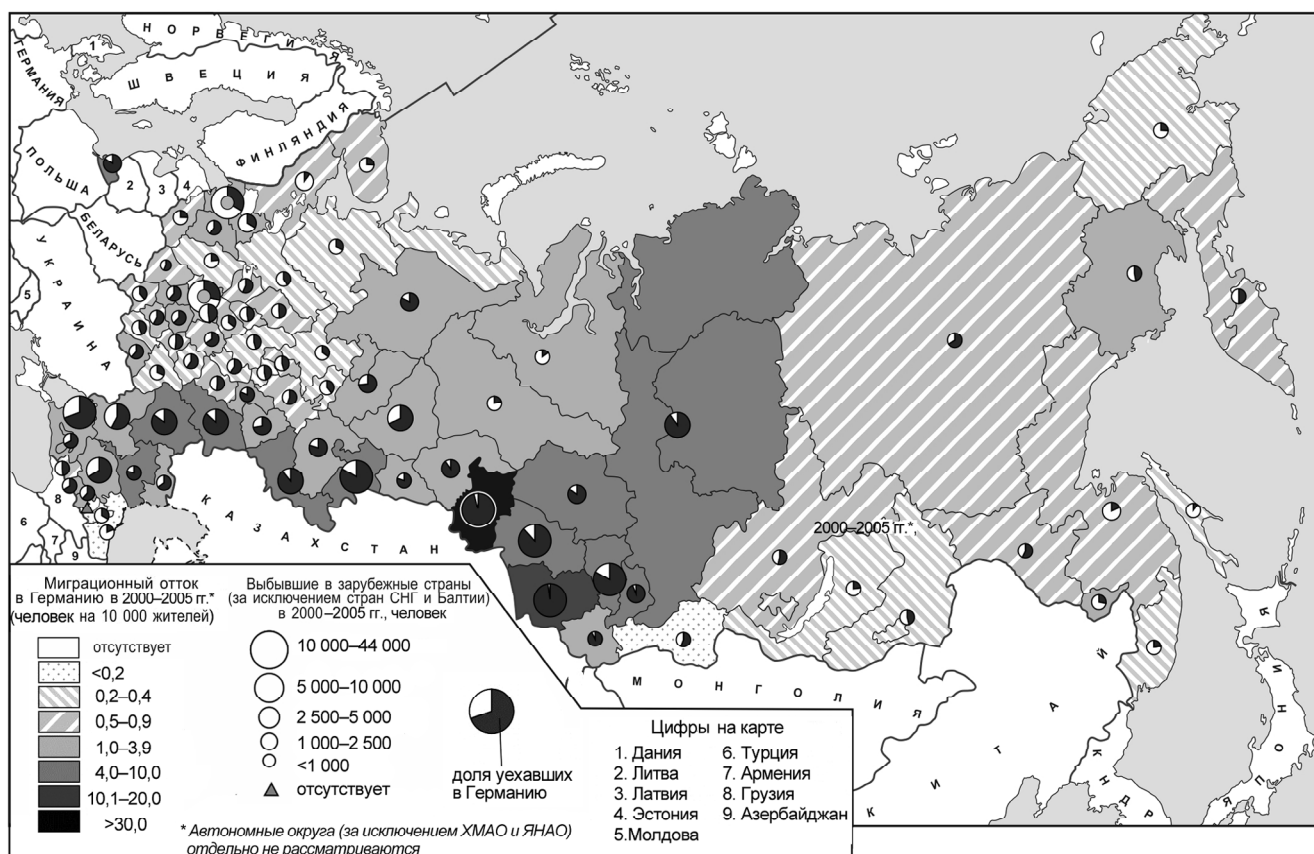


Рис. 6. Эмиграция из России в страны дальнего зарубежья в 2000–2005 гг., по данным Росстата

Fig. 6. Emigration from Russia to the non-CIS countries during 2000–2005, according to the Federal State Statistics Service data

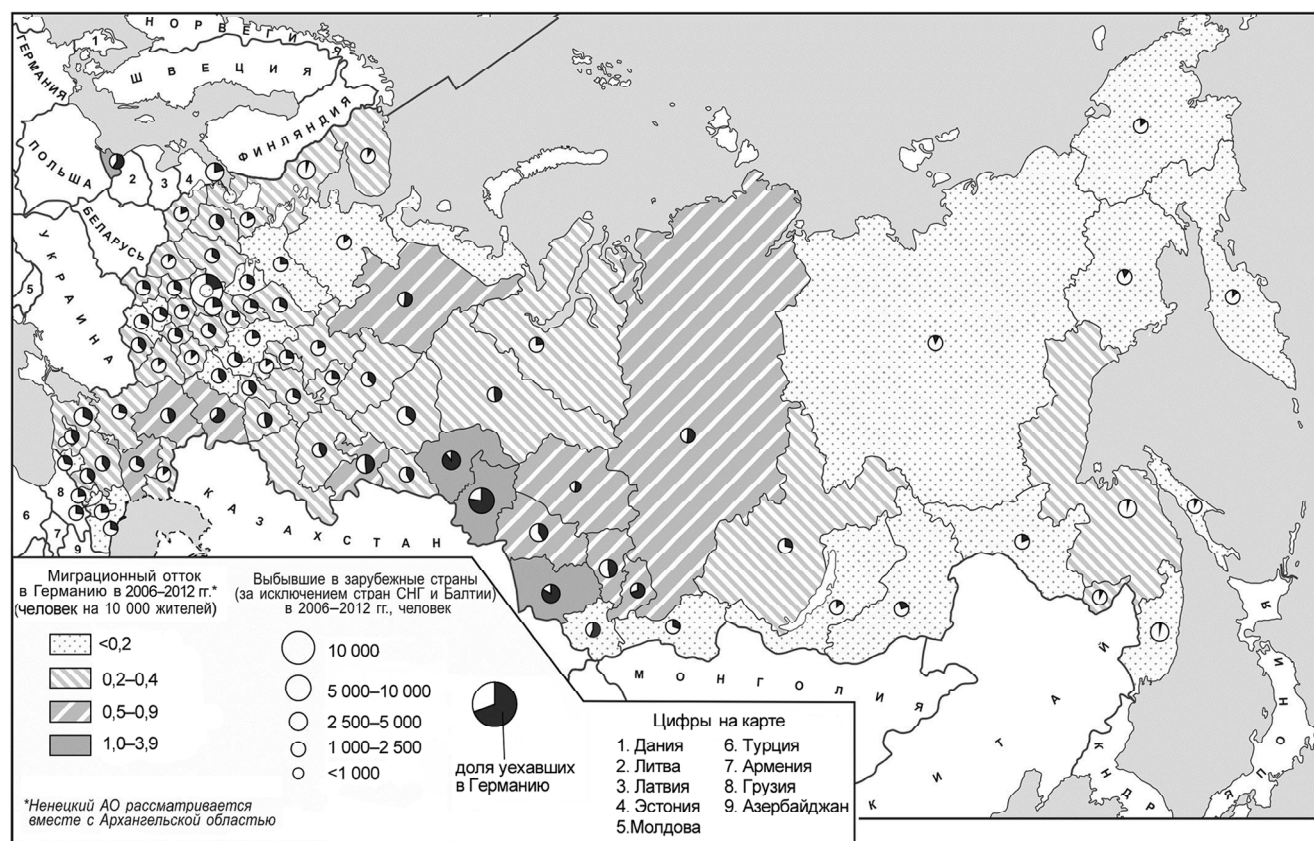


Рис. 7. Эмиграция из России в страны дальнего зарубежья в 2006–2012 гг., по данным Росстата

Fig. 7. Emigration from Russia to the non-CIS countries during 2006–2012, according to the Federal State Statistics Service data

доля населения, проживающего в крупных городах; доля лиц с высшим образованием; разница в уровне жизни населения в России и странах эмиграции, что в свою очередь зависит от структурных характеристик территориальных общностей населения.

Выводы:

- процесс эмиграции из регионов России в страны дальнего зарубежья на рубеже XX–XXI вв. циклический. Потоки эмиграции увеличивались до середины 1990-х гг., превысив 100 тыс. эмигрантов, и оставались на высоком уровне до конца десятилетия. Затем масштаб выезда в страны дальнего зарубежья сократился и вернулся на прежний уровень;
- к основным факторам, формирующим эмиграцию в России в «перестроечный» и постсоветский периоды, относятся: исторический, институционально-политический, экономический;
- основную долю на пике волны эмиграции составляли этнические мигранты (немцы и евреи) и

их родственники. Это же и определило географию регионов выезда;

– отличительная черта российской эмиграции за рассматриваемый период – существенная дифференциация регионов России по числу эмигрантов и интенсивности миграционного оттока на 10 тыс. жителей. На первоначальном этапе лидировали регионы массового проживания этнических мигрантов (Западная Сибирь, Москва и Санкт-Петербург). После спада волны этнической эмиграции роль регионов Западной Сибири снизилась, но увеличилась роль Москвы и Санкт-Петербурга;

– современный период эмиграции характеризуется выездом преимущественно людей трудоспособного возраста; в структуре миграционного потока доля лиц с высшим образованием выше средне-российского уровня, преимущественно это жители крупных агломераций, в первую очередь Москвы и Санкт-Петербурга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Герман А.А., Иларионова Т.С., Плеве И.Р. История немцев России: Хрестоматия. М.: МСНК–пресс, 2005. 544 с.
- Демографический ежегодник России. 2010: Стат. сб. М.: Росстат, 2010. 525 с.
- Демографический ежегодник России. 2012: Стат. сб. М.: Росстат, 2012. 535 с.
- Демографический ежегодник России. 2015: Стат. сб. М.: Росстат, 2015. 263 с.
- Денисенко М.Б. Исторические и актуальные тенденции эмиграции из России. Вводная статья // Миграция в России 2000–2012 гг.: Хрестоматия в 3 т. Т. 1. Миграционные процессы и актуальные вопросы миграции. Ч. 2. М.: Спецкнига, 2013. С. 495–503.
- Денисенко М.Б. Эмиграция из России по данным зарубежной статистики // Демоскоп. Weekly. 2002. № 65–66.
- Зайончковская Ж.А. Эмиграция в дальнее зарубежье // Демоскоп. Weekly. 2001. № 27–28.
- Ивахнюк И.В. Формирование и функционирование Евразийской миграционной системы: Автореф. докт. дисс. М., 2008.
- Марианский А. Современные миграции населения / Пер. с польск. М.: Статистика, 1969. 238 с.
- Массей Д. Синтетическая теория международной миграции // Мир в зеркале международной миграции. Сер. Международная миграция населения: Россия и современный мир / Гл. ред. В.А. Ионцев. Вып. 10. М.: МАКС Пресс, 2002. С. 161–174.
- Население России 2010–2011: 18–19-й ежегодный демографический доклад / Отв. ред. А.Г. Вишневский. М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2013. 530 с.

Население России 2012: 20-й ежегодный демографический доклад / Отв. ред. А.Г. Вишневский. М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2014. 412 с.

Население России 2013: 21-й ежегодный демографический доклад / Отв. ред. С.В. Захаров. М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2015. 428 с.

Оболенский (Осинский) В.В. Международные и межконтинентальные миграции в довоенной России и СССР. М.: Изд. ЦСУ СССР, 1928. 138 с.

Официальный сайт федерального ведомства Германии по делам мигрантов и беженцев. URL: www.bamf.de (дата обращения: 11.01.2016).

Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: www.gks.ru (дата обращения: 25.02.2016).

Официальный сайт Федеральной миграционной службы России. URL: www.fms.gov.ru (дата обращения: 25.02.2016).

Полян П.М. Эмиграция: кто и когда в XX в. покидал Россию // Россия и ее регионы в XX в.: территория – расселение – миграции / Под ред. О.Б. Глезер, П.М. Поляна. М.: ОГИ, 2005. С. 493–519.

Танги А. Великая миграция: Россия и россияне после падения железного занавеса. М.: РОССПЭН, 2012. 479 с.

Ушкалов И.Г., Малаха И.А. Утечка умов. Масштабы. Причины. Последствия. М.: Едиториал-УРСС, 2016. 178 с.

Чудиновских О.С., Денисенко М.Б., Донец Е.В. Миграционные намерения российского студенчества. М.: МАКС-Пресс, 2003. 76 с.

Поступила в редакцию 11.12.2015
Принята к публикации 25.01.2016

M.S. Savoskul¹

EMIGRATION FROM RUSSIA TO THE NON-CIS COUNTRIES DURING THE LATE 20TH – THE EARLY 21ST CENTURY

Tendencies of emigration from Russia to the non-CIS countries at the end of the 20th – the beginning of the 21st century are considered. Germany, Israel and the USA became the main countries of emigration. Regularities and the scope of emigration phases for the 30-year period are revealed. General factors of leaving the country (historical, institutional and political, economic) are considered; the factors defining the regional geography of emigration to the non-CIS countries are analyzed.

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Economic and Social Geography of Russia, Associate Professor, PhD. in Geography; e-mail: savoskul@yandex.ru

Processes of emigration to the non-CIS countries are considered within the concept of territorial migratory systems which assumes the cyclic nature of the international migration process; the migratory process involves certain social and territorial communities, thus forming the geography of external migration.

The data of the Federal State Statistics Service from the official web-site of the department, the data of migratory statistics published by the Rosstat in demographic year-books, as well as the data of 2002 and 2010 All-Russian population censuses were used for calculations and mapping. Regional features of emigration from Russia are analyzed for the period of 1993–2012, mainly due to the availability of statistical data. Particular attention is given to the difficulties in accounting the international migrants in Russia and to the comparison of the data from various countries about the numbers of the international migrants.

Keywords: emigration, flows of migrants, accounting of migrants, regional features of emigration, Russia.

REFERENCES

- Chudinovskih O.S., Denisenko M.B., Donec E.V.* Migracionnye namerenija rossijskogo studenchestva [Migratory intentions of the Russian students], Moscow, 2003, 76 p. (in Russian).
- German A.A., Ilarionova T.S., Pleva I.R.* Istorija nemcev Rossii: Hrestomatija [History of Russian Germans: Reader], Moscow, MSNK–press, 2005, 544 p. (in Russian).
- Demograficheskij ezhegodnik Rossii. 2010: Statisticheskij sbornik. [The Demographic Yearbook of Russia. Statistical handbook], Moscow, Rosstat, 2010, 525 p. (in Russian).
- Demograficheskij ezhegodnik Rossii. 2012: Statisticheskij sbornik. [The Demographic Yearbook of Russia. Statistical handbook], Moscow, Rosstat, 2012, 535 p. (in Russian).
- Demograficheskij ezhegodnik Rossii. 2015: Statisticheskij sbornik. [The Demographic Yearbook of Russia. Statistical handbook], Moscow, Rosstat, 2015 (in Russian).
- Denisenko M.B.* Istoricheski i aktual'nye tendencii jemigracii iz Rossii. Vvodnaja stat'ja. In: Migracija v Rossii. 2000–2012. Hrestomatija v 3 tomah. T. 1. Migracionnye processy i aktual'nye voprosy migracii. Chast' 2 [Historically and current trends of emigration from Russia. Introduction. In: Migration in Russia 2000–2012. Reader in 3 Vol. Vol. 1. Migratory processes and actual problems of migration. Pt. 2], Moscow, Spetznika, pp. 495–503 (in Russian).
- Denisenko M.B.* Jemigracija iz Rossii po dannym zarubezhnoj statistiki [Emigration from Russia according to foreign statistics], Demoscope Weekly, 2002, no 65–66, 29 April–19 May (in Russian).
- Ivahnjuk I.V.* Formirovanie i funkcionirovanie Evrazijskoj migracionnoj sistemy [Formation and functioning of the Euroasian migratory system], Avtoref. dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni doktora jekonomicheskikh nauk, Moscow, 2008 (in Russian).
- Marian'skij A.* Sovremennye migracii naselenija, perevod s pol'sk. [Modern migration of population], Moscow, Statistika, 1969, 238 p. (in Russian).
- Massey D.* Sinteticheskaja teorija mezhdunarodnoj migracii. [Synthetic theory of the international migration], Mir v zerkale mezhdunarodnoj migracii. Nauchnaja serija: Mezhdunarodnaja migracija naselenija: Rossija i sovremennij mir, Glavni redaktor V.A. Ioncev. Vol. 10, Moscow, MAKS Press, 2002, pp. 161–174 (in Russian).
- Naselenie Rossii 2010–2011: vosemnadcatyj – devjatanadcatyj ezhegodnyj demograficheskij doklad. Ot. red. A.G. Vishnevskij [Population of Russia 2010–2011: the eighteenth – the nineteenth annual demographic report], Moscow, Izd. dom Vysshej shkoly jekonomiki, 2013, 530 p. (in Russian).
- Naselenie Rossii 2012: dvadcatyj ezhegodnyj demograficheskij doklad. Ot. red. A.G. Vishnevskij [Population of Russia 2012: twentieth annual demographic report], Moscow, Izd. dom Vysshej shkoly jekonomiki, 2014, 412 p. (in Russian).
- Naselenie Rossii 2013: dvadcat' pervyj ezhegodnyj demograficheskij doklad. Ot. red. S.V. Zaharov [Population of Russia 2013: the twenty first annual demographic report], Moscow, Izd. dom Vysshej shkoly jekonomiki, 2015, 428 p. (in Russian).
- Obolenskij (Osinskij) V.V.* Mezhdunarodnye i mezhhkontinental'nye migracii v dovoennoj Rossii i SSSR. [The international and intercontinental migrations in pre-war Russia and the USSR], Moscow, Izdanie ZSU SSSR, 1928, 138 p. (in Russian).
- Oficialnii sait Federalnogo vedomstva Germanii po delam migrantov i bezhentzev. [Bundesat fuer Migration und Fluechtlinge], URL: www.bamf.de (Accessed: 11.01.2016) (in German).
- Oficialnii sait Federalnoj sluzbi gosudarstvennoj statistiki [Federal State Statistics Service], URL: www.gks.ru (Accessed: 25.02.2016) (in Russian).
- Oficialnii sait Federalnoj migrationnoj sluzbi Rossii [Federal Migration Service], URL: www.fms.gov.ru (Accessed: 25.02.2016) (in Russian).
- Poljan P.M.* Jemigracija: kto i kogda v XX v. pokidal Rossiju. In: Rossija i ee regiony v XX v.: territorija – rasselenie – migracii [Poljan P.M. Emigration: who and when in the XX century I left Russia. In: Russia and its regions in the XX century: the territory – moving – migrations], Moscow, OGI, 2005, pp. 493–519 (in Russian).
- Tangi A.* Velikaja migracija: Rossija i rossijane posle padenija zheleznogo zanavesa. [Great migration: Russia and Russians after falling of the Iron Curtain], Moscow, ROSSPEN, 2012, 479 p. (in Russian).
- Ushkalov I.G., Malaha I.A.* Utechka umov. Masshtaby. Prichiny. Posledstvija. [Brain-drain. Scales. Reasons. Consequences], Moscow, Editorial-URSS, 2016, 178 p. (in Russian).
- Zajonchkovskaja Zh.A.* Jemigracija v dal'nee zarubezh'e [Emigration to foreign countries], Demoscope Weekly, 2001, N 27–28, 30 July–12 August (in Russian).

Received 11.12.2015

Accepted 25.01.2016