

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М. В. ЛОМОНОСОВА

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОМОРФОЛОГИЯ

Ключевые направления

Учебное пособие

Под редакцией С. И. Большова

Географический факультет МГУ
2013

УДК 911.2; 911.9
ББК 20.1; 26.823
Э40

Рецензенты: д-р геогр. наук В. П. Чичагов
д-р. геогр. наук Е. И.Игнатов

*Печатается по постановлению
Ученого совета географического факультета
Московского государственного университета
имени М. В. Ломоносова*

Э40 **Экологическая геоморфология. КЛЮЧЕВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ:** Учебное пособие / Коллектив авторов; Под ред. С. И. Большова. – М.: Географический факультет МГУ, 2013. – 168 с.

ISBN 978–5–89575–214–2

Характеризуются методологические основы, освещаются основные направления относительно новой отрасли прикладной геоморфологии, экологической геоморфологии. Дается характеристика роли рельефа как важнейшего условия жизни человека, геоморфологических процессов как механизма миграции и аккумуляции загрязняющих веществ, биоэкологических функций рельефа, катастрофических и неблагоприятных геоморфологических процессов.

Для студентов и аспирантов, обучающихся по географическому и экологическому профилю, в первую очередь – по специализации «геоморфология» и по направлению «экология и природопользование».

УДК 911.2; 911.9
ББК 20.1; 26.823

© Коллектив авторов, 2013

ISBN 978–5–89575–214–2 © Географический факультет МГУ, 2013

ПРЕДИСЛОВИЕ

Более 15 лет на кафедре геоморфологии и палеогеографии географического факультета МГУ для студентов-четверкурсников читается курс лекций «Экологическая и прикладная геоморфология», созданный в начале 1990-х годов. В чтении лекций принимают участие преподаватели и научные сотрудники кафедры, специализирующиеся в разных направлениях прикладных геоморфологических исследований, включая эколого-геоморфологические. К настоящему времени накоплен значительный опыт как специализированных геоморфологических исследований, так и чтения лекций по данному курсу. В этой связи назрела необходимость создания учебного пособия по курсу, входящему в учебный план как обязательный предмет для студентов кафедры.

Прикладная геоморфология занимается вопросами, связанными с использованием геоморфологических знаний в хозяйственной деятельности человека. Одним из относительно молодых направлений этой отрасли геоморфологической науки является *экологическая геоморфология*, сложившаяся на рубеже 1980–1990-х годов, когда в отечественной географии отчетливо проявилась тенденция экологизации географических знаний. В значительной степени экологическая геоморфология сформировалась на базе традиционной для науки о рельефе инженерной геоморфологии. У истоков отечественной экологической геоморфологии стояли профессора Д. А. Тимофеев и Ю. Г. Симонов. Первое определение этого направления в отечественной науке было дано Д. А. Тимофеевым в 1991 г.: «Научное направление

в общей и прикладной геоморфологии, изучающее взаимосвязи и результаты взаимодействий геоморфологических систем любого ранга с системой экологии человека. Объектом изучения экологической геоморфологии являются состояния и изменения в экосистеме человека, обусловленные геоморфологическими условиями как природного, так и антропогенного характера» [4]. В дальнейшем Д. А. Тимофеев (в соавторстве с Э. А. Лихачевой) отмечал, что «...экологическая геоморфология распадается на две ветви: экологические аспекты взаимоотношений между рельефом и биотой и экологические аспекты взаимодействия геоморфологических систем с человеком и его жизнедеятельностью» [2]. В 1995 г. кафедрой геоморфологии и палеогеографии географического факультета МГУ была проведена Международная конференция «Экологические аспекты теоретической и прикладной геоморфологии» (III Щукинские чтения), показавшая, что существует весьма широкий спектр вопросов экологического характера, в решении которых могут и должны принимать участие геоморфологи. На этой конференции Ю. Г. Симоновым и другими авторами данного пособия предложено следующее определение экологической геоморфологии: «прикладная научная дисциплина, занимающаяся изучением влияния рельефа, процессов рельефообразования и их комплексов на жизнь живых организмов, включая и человека, на его здоровье, жизнедеятельность и жизнеобеспечение» [3]. Именно с этих позиций читается на кафедре лекционный курс и написано предлагаемое пособие, по сути представляющее собой конспекты лекций по указанному курсу. Важным обобщением по экологической геоморфологии стали докторская диссертация «Экологическая геоморфология суши (на примере России)» и монография В. И. Кружалина [1], в которых были рассмотрены основные направления и проблемы геоморфологической науки в экологическом аспекте и основные подходы к их изучению и решению.

При том, что экологическая геоморфология рассматривается нами как отрасль геоморфологии прикладной, она имеет свою специфику, будучи ориентированной на удовлетворение, в первую очередь, биологических потребностей человека (и выявление существенного влияния на жизнь других организмов). Как известно, современное цивилизованное общество во многом ориентируется в приоритетах именно на экологические условия обитания человека, и в этой связи экологическая геоморфология занимает особое место в рамках прикладных направлений геоморфологии.

Экологическая геоморфология – важнейшее направление прикладной геоморфологии, развитие которой невозможно без решения фундаментальных геоморфологических проблем. Экологическая геоморфология, как и экологическая география (и экология) в целом, рассматривает вопросы, касающиеся условий жизни человека и организмов и взаимодействия их с окружающей средой. Соответственно, выделяются две ветви экологической геоморфологии – связанные с экологией человека и экологией биоты (биоэкологией).

В контексте экологии человека экологическая геоморфология исследует особенности рельефа и рельефообразующих процессов, которые прямо или опосредованно влияют на условия его обитания и жизни. В первую очередь речь идет о самом характере расселения человека (степени комфортности жизни и хозяйственной деятельности) и условиях, влияющих на биологическое состояние человека. Действительно, рельеф – базис, на котором селится человек, и земельные угодья – важнейший его экологический ресурс. Рельеф во многом предопределяет не только саму площадь обитания человека (в том числе – наличие суши как таковой), но и конкретные природные характеристики, необходимые человеку как биологическому виду: температура, атмосферное давление, количество кислорода и воды и т. д. Геоморфологические процессы могут существенно изменять эти биологические условия обитания, ухудшать и даже

выводить уголья из класса территорий, приемлемых для проживания (в этой связи важным аспектом геоморфологических рекомендаций являются принципы рекультивации земель). Наряду с проблемой размеров и качества земельных угодий, можно, пожалуй, выделить два главных механизма воздействия рельефа на условия жизни и здоровья человека (и, соответственно, два направления геоморфологических исследований). Во-первых, это опасные геоморфологические процессы, способные приводить к массовым человеческим жертвам и увечьям (землетрясения, вулканизм, обвалы, оползни, лавины, сёрджи и другие). Во-вторых, это участие рельефа (главного перераспределителя вещества и энергии на стыке разных компонентов географической оболочки) и рельефообразующих процессов в перераспределении, транспорте и захоронении загрязняющих веществ, опасных для здоровья человека. Исследование этих вопросов следует признать ключевыми задачами экологической геоморфологии.

Авторы пособия выражают признательность профессорам В. П. Чичагову (ИГ РАН) и Е. И. Игнатову (географический факультет МГУ) за рецензирование и конструктивную критику и сотрудникам кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета МГУ Н. И. Косевич и Е. Ю. Матлаховой за помощь в подготовке и оформлении пособия.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кружалин В. И.* Экологическая геоморфология суши. М.: Научный мир, 2001. 175 с.
2. *Лихачева Э. А., Тимофеев Д. А.* Экологическая геоморфология: Словарь-справочник. М.: Медиа-Пресс, 2004. 337 с.

3. *Лукашов А. А., Рычагов Г. И., Симонов Ю. Г., Большов С. И., Кружалин В. И., Мысливец В. И.* Экологическая геоморфология. Содержание и основные проблемы // Экологические аспекты теоретической и прикладной геоморфологии: Материалы Международной конференции «III Щукинские чтения», Москва, 16–17 мая 1995 г. М.: Географический факультет МГУ, 1995. С. 3–9.
4. *Тимофеев Д. А.* Экологическая геоморфология: объект, цели и задачи // Геоморфология. 1991. №1. С. 43–48.

1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ЭКОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИМ ИССЛЕДОВАНИЯМ

1.1. Введение в экологическую геоморфологию

1.1.1. Основные проблемы и подходы

Экологическая геоморфология является совсем молодым научным направлением в прикладной геоморфологии. Ее появление связано с тем вниманием, которое существует в современном мире к проблемам сохранения жизни на Земле. В середине 1960-х годов сначала биологи обратили внимание на то, что скорость исчезновения некоторых редких видов растений и животных в определенных районах Земли быстро нарастает. А затем медики, независимо от биологов, заметили, что в тех же районах растет число случаев специфических заболеваний человека и растет смертность. Такое совпадение было некоторым образом увязано. Общественность забила тревогу. И все происходило в районах, где быстро развивалась химическая промышленность и росла плотность населения. Это чрезвычайно «смахивало» на кризис отношений между развитием человечества и окружающей его средой. Возникли опасения за сохранность человеческой цивилизации. Появились алармистские заключения о необратимом уровне изменений природы. И постепенно «во весь рост встали проблемы» выработки стратегии выживания нашей цивилизации. Об этом можно подробно не говорить, так как достаточно много уже сказано и опубликовано. Проблема, казавшаяся поначалу чисто биологической: замечена она была биологами. И, вероятно, поэтому и была названа биологическим термином. Человечество ранее встречалось с природными катастрофами. А новая беда, усиливая действие губительных явлений, вроде бы стала связываться с неразумной деятельностью человека. «Экологическая проблема» постепенно становилась междисциплинарной проблемой, затраги-

вающей все отрасли науки и техники. Она стала угрозой на пути развития всей земной цивилизации.

Геоморфология длительное время стояла в стороне от данной проблемы, занятая, кроме теоретических задач, решением прикладных проблем в области поискового дела и инженерной геоморфологии. Она опиралась на знания законов природы и «примеривала» к ним знания, выработанные техническими науками. А «экологическая проблема» между тем постепенно переросла чисто научные и, прежде всего, биологические рамки. Вокруг задач, связанных с ее решением, постепенно возникал некоторый вид человеческой деятельности. Создавались государственные службы, появились законы, возникли концепции безотходных и экологически чистых производств. Человечество приступило к созданию планов для перехода через грань индустриального общества. Именно в это время большинство наук обратилось к экологическим проблемам, решая их – каждая под своим углом зрения. В данное время – и, может быть, с некоторым опозданием, и возникла экологическая геоморфология.

Задолго до этого, наряду и параллельно с решением фундаментальных задач геоморфологии, геоморфологи уже «попробовали» себя в качестве специалистов, работавших в разных прикладных направлениях нашей науки. Так, в некоторых учреждениях создавались коллективы специалистов, и, может быть, даже рождались малые школы прикладных исследований. Работали в различных направлениях, выполняя прямые задания заказчиков. Кафедра геоморфологии и палеогеографии МГУ была одним из таких центров. Но даже и на кафедре не было выработано единых взглядов на сущность предмета прикладных исследований. Работая над введением для пособия, я точно отдавал себе отчет, что мои взгляды не отражают общего взгляда на сущность данного направления.

Опыт, который предлагается в данном «Введении», – опыт только одного из кафедральных коллективов. Рядом коллеги «нарабатывали» иной опыт. К вопросам экологии мы перешли от решения географических задач, связанных с использованием космической информации с целью совершенствования принципов оперативного управления народным хозяйством. Наши исследования велись по заданиям созданного в те годы Государственного комитета по природным ресурсам (далее ГосНИИЦиПр) и АИУС Агроресурсы.

Выполнялись отдельные задания Министерства сельского хозяйства, Российского института земельных ресурсов (далее РосИзм) и некоторых военных организаций, научно-технические возможности которых могли быть в те годы задействованы в решении некоторых из экологических проблем. Именно в те годы мы занимались вопросами создания экологических паспортов на существующие и строящиеся предприятия. В этой сфере разрабатывались принципы создания системы оценок воздействия на окружающую среду (системы ОВОС). В 1990-е годы нами был накоплен большой опыт. В нашем коллективе активно над этими проблемами работал В. И. Кружалин, которому было поручено обобщение материала. В 2000 г. он успешно защитил свою докторскую диссертацию на тему: «Экологическая геоморфология суши (на примере России)». Теперь она опубликована в виде отдельной монографии. А кроме того, материалы и отдельные части концепции опубликованы многими из участников в серии эколого-геоморфологических работ.

Параллельно с нами на кафедре работали и другие специалисты, которые в ту пору решали общие и частные задачи этого направления. Многие из них и сейчас работают над не решенными тогда проблемами. У других сотрудников кафедры, которые приняли участие в создании данного учебного пособия, были контакты с учреждениями, в которых они вели собственные разработки. Вполне естественно, что у них появились и собственные мнения на способ решения тех же или некоторых других и даже общих проблем (среди подобных проблем есть и биоэкологические, часть из которых тоже связана с геоморфологическими особенностями территорий).

Обычно геоморфологи, как и представители других наук, принимая участие в решении конкретных экологических задач, стремятся осмыслить свою деятельность. И это необходимо для выработки рациональной стратегии развития нового научного направления. В связи с этим определяется статус нового научного направления. На мой взгляд, экологическая геоморфология – типично прикладное научное направление. Хотя некоторые из геоморфологов склонны видеть в нем одну из фундаментальных ветвей нашей науки. Чтобы увидеть сущность спора, достаточно с критической точки зрения рассмотреть последние материалы, выпущенные в свет на

проходившей в 1995 г. научной конференции. Такое разделение мнений сохраняется и до сих пор (см. Материалы VI Щукинских чтений 2010 г.). Решение этого вопроса важно для определения направлений развития экологической геоморфологии.

Если считать, что отрасль имеет прикладной характер, а результаты исследований могут быть необходимы соответствующим государственным, частным и общественным организациям, то и ориентироваться следует на структуру существующих органов. Они обязаны решать существующие задачи экологического управления обществом. И, если это так, то необходимо исследовать существо всей проблемы. А выдвигая ту или иную исследовательскую задачу, – отдавать себе отчет в том, какое место она занимает во всей совокупности существующих задач экологического управления страной и цивилизацией. Для этого необходимо представлять себе весь объем проблем. Решая какую либо ее часть, полезно видеть и всю задачу в целом. И, говоря об экологии вообще, следует думать, что при всей широте ведущихся обсуждений, каждая из конкретных наук должна исходить все же из некоторой общей концепции.

Если размышлять над тем, что сейчас можно услышать или прочитать по вопросам экологии нашей или другой страны или экологическим проблемам всей Земли, то можно заметить, что всех более или менее беспокоит состояние природной среды, качество которой на наших глазах ухудшается, а необходимые ресурсы естественного самовозобновления практически исчерпаны. Поскольку приводятся устрашающие цифры, то в реальности оценок сомневаться не приходится. Естественно встает вопрос о том, что следует делать, ответ на который и формирует каждая из наук самостоятельно. Однако должна существовать и единая, все объединяющая общая концепция. При детальном рассмотрении становится видна ее географическая сущность.

Уже при первом знакомстве с проблемой было установлено, что изменение окружающей среды идет в разных местах с различной скоростью и далеко не по одинаковым направлениям. Оказалось, что существен не только сам факт загрязнения среды и направленность ее изменений. И, чтобы понять сущность явления, нужно было установить причины их возникновения. Отметить только сам факт ухудшения качества среды – было явно недостаточно. А за-

тем потребовалось определить весь комплекс причин и следствий. Нужно было выявить причины на всех уровнях пространственно-географической организации: на локальном, региональном и глобальном. И, чтобы понять – как геоморфология смогла решать задачи в этой сложной междисциплинарной проблеме, следует вернуться к тем вопросам, которые рассмотрены в начале Введения.

Выбирая для разрешения конкретную проблему, следует исходить из того, что в самом общем случае все на нашей Земле происходит в результате взаимодействия трех сложных систем: природы, производства и населения. И геоморфолог должен видеть, что частная его задача может, например, уложиться в анализ экологической ситуации в рамках известных взаимоотношений между рельефом и другими компонентами природы. В другом случае – следует заметить, что проблема возникает из-за того, что существует определенная связь между размещением производств и особенностями рельефа местности. И, наконец, принципиально может существовать определенная связь между особенностями расселения людей с различной структурой хозяйственной деятельности на элементах рельефа различного типа. Последний тип отношений в настоящее время по ряду причин особенно трудно поддается геоморфологическому исследованию.

Существуют два основных круга вопросов, которые особенно тревожат специалистов, занимающихся экологическими проблемами. Первый – проблема существования загрязнений окружающей среды (загрязнение воздуха, поверхностных и подземных вод, почв и продуктов питания). Здесь выявлены определенные связи между характером загрязнения и его уровнем, с одной стороны, и состоянием здоровья – с другой. Второй круг вопросов связан с природными катастрофами, которые нередко усиливаются производственными. Хотя экологические катастрофы могут иметь и «человеческое» лицо.

Соответственно, и в экологической геоморфологии также существуют две крупные проблемы:

- рельеф местности и особенности загрязнения окружающей среды,
- рельеф местности и неблагоприятные (нежелательные) процессы (экологически опасные явления).

1.1.2. Эколого-геоморфологические обстановки и ситуации

Для анализа возможностей использования геоморфологических идей в решении экологических проблем полезно ввести несколько важных понятий. Заметим, что все освоенные человеком территории можно разделить на две группы. Отнесем к первой группе те из них, в которых уровень экологической опасности постоянно велик, а ко второй – территории, в которых экологически опасными становятся лишь некоторые из отрезков времени (года или суток).

Для первых из них интересным является то, что для их высокой экологической опасности есть постоянно действующая причина или их комплекс. Как правило, в качестве таковых могут быть антропогенные или природные процессы или явления. Если источниками экологической опасности антропогенной природы можно некоторым образом управлять, то с природными источниками экологической опасности справиться труднее. И это следует иметь в виду, тщательно исследуя причины, приведшие к сложившимся обстоятельствам. В числе причин может выступать и рельеф территории. Этот комплекс постоянно действующих причин, вызывающих экологическую опасность проживания населения на территории (с определенным характером рельефа), будем далее называть *экологически опасными обстановками*. Так, потенциально экологически опасными являются межгорные впадины и котловины. Их морфологический облик оказывается постоянно действующим фактором, повышающим степень экологической опасности территории. Обратим внимание на то, что именно рельеф в этом случае создает и особую геоморфологическую обстановку. Такое условие можно отнести к условиям потенциально повышенной экологической опасности.

Несколько иными должны стать оценки эколого-геоморфологической опасности зон проявления современного вулканизма, очагов повышенной сейсмичности. Также опасны места схода селей, оползней, обвалов и некоторых других явлений. Их периодическое проявление создает экологическую опасность лишь на некоторое время. А в промежутках между их проявлениями эти территории кажутся совершенно «безопасными». И лишь на некоторое время возникает экологически опасная ситуация. Если опасность возник-

ла в результате проявления рельефообразующих процессов, то их следует выделять в класс эколого-геоморфологических ситуаций.

Опыт проведенных работ по различным проблемам эколого-геоморфологического характера показал, что для выработки предложений и рекомендаций полезно разделить изучаемых территорий на различные типы по степени разнообразия эколого-геоморфологических обстановок, с последующим определением для каждой из них типичных. А далее – для каждого типа обстановок следует выделить спектры эколого-геоморфологических ситуаций различной опасности и повторяемости. Оказалось, что для почти каждой из обстановок можно выделить не один тип эколого-геоморфологических ситуаций. Геоморфологически опасные явления (события) обычно обладают некоторой ареной действия и проявляют себя с различной силой и повторяемостью. Можно говорить, что для каждой из территорий может существовать закономерно возникший спектр экологически опасных геоморфологических ситуаций.

Из сказанного следует, что при ведении прикладных геоморфологических исследований в области экологии мы стоим перед необходимостью решения двух основных проблем – выделения и создания классификаций эколого-геоморфологических обстановок и привязанных к ним спектров эколого-геоморфологических ситуаций.

В первом приближении эколого-геоморфологические обстановки образуют два парагенетических ряда, которые некоторым образом накладываются друг на друга или, по крайней мере, пересекаются. Первый из них можно назвать склоновым: от междуречных плакоров – к склонам долин, а от них к днищам. А второй ряд образует последовательная смена разнопорядковых тальвегов временных и постоянных водотоков и рек.

Если на карту, на которой показаны эколого-геоморфологические обстановки с различными спектрами экологических ситуаций, нанести данные об источниках антропогенного загрязнения и сведения о наличии природно-геохимических аномалий, то полученная совместная информация будет хорошим подспорьем для принятия решений при управлении мероприятиями по защите окружающей среды.

Вторым важным направлением в эколого-геоморфологических исследованиях являются работы по выявлению связей между ре-

льефом территории и путями миграции различного рода загрязнений антропогенного происхождения. Для этого, в первую очередь, следует вспомнить, что загрязнения антропогенного происхождения обычно связаны с типом производств и применяемых в них технологий. В настоящее время государственной инспекцией принимаются достаточно жесткие меры, и ведется контроль за концентрацией и объемами выбросов загрязнений в атмосферу, а также их сбросов в поверхностные и подземные воды. Введена плата за нормативные сбросы и различного вида сверхнормативные. Для этих целей созданы и работают, частично перекрывая свои функции, три службы:

- гидрометеослужба, главной задачей которой является изучение общего фона загрязненности территории для выявления главных тенденций;
- санэпидемнадзор, который ведет наблюдения за экологическим состоянием отдельных предприятий и особо опасных их цехов;
- экологическая служба, которой поручен контроль за состоянием природной среды и выработкой мероприятий по ее охране.

Кроме того, эти органы проводят экологическую паспортизацию предприятий и отдельных территорий, а также взимают плату за природопользование и накладывают штрафные санкции на виновных за нарушения экологического законодательства. Действуют и экологические правовые органы: экологическая прокуратура и полиция.

В данном аспекте эколого-геоморфологические исследования в некоторой степени продолжают более традиционные – инженерно-геоморфологические, что прослеживается и в других направлениях, и в частности во введении эколого-геоморфологических оценок рельефа в проектные документы (то есть на стадии проектирования инженерных сооружений); в ведении ситуационного анализа. Во втором случае геоморфолог должен представить действующее предприятие уже вписанным в определенный рельеф. Если так сделать, то можно заметить, что система действующих промышленных предприятий, а также транспортные сети всех типов и сельхозба по отношению к рельефу могут занимать различное положение. Некоторые элементы рельефа по особенностям получения загрязнений могут быть *автоморфны*. Они сохраняют лишь только те

виды загрязнений, которые производятся в их пределах. Другие являются *местами их транзита и разубоживания* концентраций. В определенных ситуациях они кажутся достаточно чистыми, хотя во время аварий и при «ураганных» сбросах на определенном отрезке времени их территории могут быть опасными. И, наконец, элементы рельефа, и их комплексы, как уже говорилось выше, могут быть областями накопления загрязнений. Со временем из категории чистых и безопасных эти элементы переходят в категорию опасных, хотя в их пределах источники загрязнения могут и отсутствовать.

Иногда загрязняющие вещества в одних обстановках концентрируются, а в других рассеиваются. Некоторые из ореолов рассеивания мигрируют, меняя размеры и конфигурацию. Само вещество может вступать в химические реакции и превращаться из экологически безопасных (или слабо опасных) в весьма опасные. Поэтому в местах накопления загрязнений может возрастать не только их концентрация, но и изменяться их состав и степень их вредоносности.

В природе Земли есть такие явления, которые существовали на поверхности планеты задолго до появления человека. Изучать их, несомненно, необходимо. Однако их не следует объединять с теми, которые мы, начиная с 60-х годов XX столетия, соединили в понятие «экологическая катастрофа». Есть среди них и такие, которые входят в круг интересов геоморфологов. Но все же вряд ли их можно изучать, не выделяя в их зарождении «чисто» природные причины. Теперь они могут накладываться на опасные процессы, в которых важнее выделить их сущность и отделять их антропогенное «начало» от природного. Их морфологическое сходство затрудняет нашу работу. Но у них нередко разные причины образования. А нам это нужно устанавливать обязательно. И нужно это – для выработки мер предупреждения их появления и снижения их вредоносности.

Рельеф и проблемы расселения человека

Наименее разработанной частью эколого-геоморфологического анализа является определение направлений исследований, связывающих некоторые свойства расселения человека с рельефом и особенностями его поведения в различных геоморфологических обстановках. Примитивизм географического детерминизма и посси-

билизма XIX столетия связан с описательной стадией его развития. А затем использование его идей в геополитических целях привело к тому, что многие серьезные исследователи «отвернулись» от идеи глубже исследовать эти связи. У нас в стране практически возникло идеологическое запрещение ведения исследований в данной области. И хороших результатов изучения проблемы на стыке «рельеф – население» практически почти не возникло. Теперь проведение исследований в этой области науки кажутся необходимыми, что диктуется запросами практики.

В рамках уже экологической географии было установлено, что частота экологически опасных аварий пропорциональна плотности населения. Это понятно, так как там, где плотность населения велика, там выше и концентрация промышленных предприятий. А там, где их больше, чаще встречаются и аварии. Многие из социальных причин аварий не вызывают сомнений. Хотя государство кое-что здесь контролирует. Регистрируется сам факт, ищется «виноватый», а вот дальнейшего расследования причин аварий обычно не проводят. На мой взгляд, существует, по крайней мере, два класса таких причин, связанных с рельефом. Во-первых, достаточно сравнить карту плотности населения с обычной гипсометрической или физической картой для того, чтобы увидеть, что очаги максимальной плотности населения определенным образом связаны с рельефом. Можно даже сказать, наоборот, что очаги малой плотности приурочены к определенным участкам суши, с определенной характеристикой рельефа. Вот данные польского географа И. Сташевского (1963) (Саушкин, 1970).

Очаги плотности населения, % (по Сташевскому на 1961 г.):

• удаленность от моря, км		доля населения, %
до 50	...	27,6
50–200	...	22,7
200–500	...	23,5
500–1000	...	17,7
1000–1500	...	7,1
более 1500	...	1,4

- при удаленности от моря 0–200 км по континентам, процент жителей от общего количества на континенте:

Австралия и Океания	...	95
Европа	...	55
Сев. Америка	...	51,3
Юж. Америка		более 60

- удаленность от моря более 500 км, процент жителей от общего количества на континенте:

Африка	...	36,3
Азия	...	30,8

- распределение населения по абсолютным высотам:

интервал абс. высот	процент населения	плотность на 1 км ²
до 200 м	59	48
200–500	23	18
500–1000	11	12
1000–1500	4	9
1500–2000	2	9
выше 2000	1	4

- распределение населения по абсолютным высотам выше 1000 м по континентам, процент жителей от общего количества на континенте:

Азия	...	25,4
Европа	...	8
Юж. Америка	...	28,3

Плотность населения падает с удалением от моря, с приближением к сильно залесенным и заболоченным территориям. А в высоких широтах с суровым климатом, а также в горах резкое сокращение плотности населения начинается с определенной высоты. Это, вероятно, связано с историческим выбором населения. Наверное, рельеф местности при этом играл не самую важную роль. Многие решали вопросы жизнеобеспечения и комфортности условий проживания. А вот какое место в выборе мест проживания

играет рельеф – не только можно, но и нужно исследовать. В связи с этим меня заинтересовал один факт, позволивший увидеть всю проблему в главных ее чертах.

По данным этнической экологии установлено, что самая большая смертность от инфарктов у мужчин отмечается в Финляндии. При этом женщины-финки такой аномальностью не отличаются. Естественно, встает вопрос о том – почему возникла такая странная аномалия и чем особенно опасна Финляндия для мужчин? Для нас интересен тот подход к решению проблемы, который обнаруживается у этнологов-экологов. При выяснении причин инфарктов ими было установлено, что причиной оказывается нехватка селена. Селен входит в состав особого фермента глутатионпероксидазы, который препятствует перекисному окислению биологических мембран и других клеточных структур. А это, в свою очередь, приводит к уменьшению активности данного фермента, вызывая ряд патологических явлений, в том числе и болезни сердца и ускорение старения. Последнее наблюдается и на других территориях, где мало селена (Комарова, Этническая экология, 1991, с. 44–77). Такая информация могла бы казаться достаточной, если бы мы проводили медико-географические или геохимические исследования. Геоморфолог же, встретившись с таким или аналогичным фактом весьма тонкого и интересного исследования, должен обратить внимание на то, что исследование не доведено до конца. В нем остался вопрос, а почему в поверхностных водах Финляндии недостает селена? Тут полезно вспомнить, что селен как химический элемент входит в группу серы и по своим геохимическим свойствам соединения селена достаточно близки соответствующим соединениям серы (селениды близки к сульфидам, а селенаты к сульфатам и т. п.). Известно также, что сера – тот элемент, кларк которого увеличивается с повышением кислотности магматических пород. Сера и селена должно быть вполне достаточно в гранитах. А известно, что Финляндия – страна гранитов. Если это вспомнить, то становится ясно, что решение проблемы постепенно переходит в область геоморфологических интересов. Достаточность селена в финских гранитах подтверждается тем, что на границе со Швецией уже давно разрабатывается одно из месторождений селена. Тогда следует дополнить наши рассуждения и утверждения тем, что население Финляндии распределено неравномерно и боль-

шая часть его сосредоточена на юге, в области распространения пород, связанных уже с плейстоценовыми оледенениями. И не в этом ли кроется разгадка причины достаточно странной этно-экологической аномалии? И если это так, то моренные комплексы южной Финляндии могут оказаться одновременно и эколого-геоморфологической аномалией в отношениях между рельефом и населением.

Рельеф и здоровье человека

Прослеживая связь здоровья людей с условиями их проживания, в которые, несомненно, входит и рельеф местности, обратим внимание, что с повышением абсолютных отметок местности изменяется атмосферное давление, изменяется насыщенность воздуха кислородом, увеличивается интенсивность ультрафиолетового облучения, понижается годовая температура и многое другое. Как это сказывается на здоровье человека – является предметом специальных исследований в медицинской климатологии. Нам же интересны их выводы, которые, иногда без учета влияния конкретных факторов, представляют собой интегральную оценку влияния высокогорья на здоровье людей. Работ в этой области уже проведено достаточно много, а вот геоморфологических следствий явно недостаточно. Из большого числа результатов исследований обратим внимание на то, что рождаемость людей изменяется с увеличением высоты местности. Известно, что в среднем на Земле 20–25% беременности женщин заканчивается спонтанными абортами (выкидышами) или мертворождением, а в высокогорьях этот процент заметно выше. Причиной явления, как принято считать, является недостаточность кислорода (гипоксия). Для нас же в данном случае это важно в связи с тем, насколько закономерность, проявляющаяся в течение многих столетий, определяет пределы расселения, каким образом определяет структуру населения и особенности распределения труда и, в том числе, и особенности природопользования. Ответов на эти вопросы наша наука пока не имеет.

Примеры приведены мною лишь для того, чтобы показать, что в этой области существуют такие проблемы, которые вряд ли будут поставлены, а, стало быть, и решены, без привлечения соответствующего внимания к данным проблемам со стороны геоморфологов. В этой области, по вполне понятным причинам, стоят иные

задачи, связанные с влиянием на население социальных и экономических факторов и условий. Переход к анализу рельефа как одного из факторов, определяющих состояние населения, не кажется важным. А вот для рождающейся экологической геоморфологии такие проблемы не могут нас не интересовать.

При решении ряда эколого-геоморфологических задач в поле зрения исследователя, наряду с традиционными геоморфологическими объектами и подходами к их историко-генетическому изучению, попадают и иные. Может быть, следует обратить внимание на то, что эколого-геоморфологические исследования, которые, как и все остальные виды прикладных геоморфологических исследований, проводятся на грани с другими науками и имеют пограничный характер. Это сразу же ориентирует исследователя на анализ самых разнообразных связей рельефа с другими элементами географических систем различной сущности – природными, социальными и хозяйственными – и располагает исследователя к использованию системной идеологии. При этом все географические проблемы приходится наиболее часто рассматривать на фоне различных видов территориальной организации. Среди них выделим в особо важные:

- ландшафтную,
- блоковую,
- бассейновую,
- административно-хозяйственную,
- этно-социальную.

Изучение типов организации рельефа может стать одним из разделов эколого-геоморфологических исследований.

Таким образом, эколого-геоморфологические исследования стали важным этапом в развитии прикладной геоморфологии, расширяющим изучение не только рельефа земной поверхности, но и всех его взаимосвязей, учет которых оказывается существенным для дальнейшего существования человечества.

1.1.3. Экологический кризис и проблема его изучения

Человек – один из тех представителей животного мира Земли, который всей своей биологической сущностью связан с природой

мест его обитания. Животный мир Земли богат, и человек – не единственный представитель живых организмов, которые выбрали земную поверхность как «место обитания». Проблемы появления жизни на Земле, совершенствования форм ее существования и эволюции – важные, но весьма далекие от разрешения не только для геоморфологии, но и для всей науки. В данном пособии они не обсуждаются, поскольку далеки от компетенции геоморфологов. Мы ставим здесь более простую задачу, хотя и не самую простую из тех, что мы решали ранее. Принимаем как «некоторую данность» то, что в нашем учебном плане «Экологическая геоморфология» возникла в тот момент, когда обществу пришлось принимать действительно ответственные решения, затрагивающие проблему сохранения земной цивилизации во Вселенной.

Наука как система знаний и особый вид деятельности человека возникла из практики человеческого «самообеспечения». В ходе развития этой практики выделились те ее части, которые мы склонны приписывать человеку, подозревая, что нечто подобное существует и у других представителей мира жизни. Кроме того, мы посчитали, что эти черты уникальны. Ведь самой природой нам дана память, а с нею и разум – то, что находится внутри нас. Он помогает каждому из нас превращать наши ощущения и восприятия предметов окружающей среды в знания. Мы проверяем их истинность в наших делах. В накоплении знаний и умений, в ходе жизни и деятельности каждого человека в отдельности нам помогают одновременно и память, и разум. Однако удивительным является то, что вряд ли найдется второе такое существо на Земле, которое, познав многие, может быть, даже самые сокровенные тайны природы и бытия, начнет так безжалостно и беспечно ухудшать природное богатство условий своего существования.

Человек в течение своей жизни совершенствовал средства общения между отдельными представителями рода человеческого. Так постепенно сформировался «язык общения», а вместе с ним появились «общие знания». Вместе с ними был накоплен и «общественный опыт», а у «общественного сознания» появлялись новые грани. И вот теперь мы, и также все вместе, это разрушаем. Началось это достаточно давно, вероятно, еще тогда, когда плотность людей на поверхности Земли достигла определенной величины. «Экологический кризис» наших отношений с природой в масшта-

бах всей планеты, после проявления незамеченных первых его признаков, еще не наступал долгое время. Но его должны были бы заметить, хотя бы не в рамках всей планеты, а лишь в некоторых его очагах, где быстрее всего накапливался опыт человеческий, где заметнее всего концентрировалась практическая деятельность. Именно там природа поверхности Земли могла нести свои первые заметные потери. Замечу, что именно в таких очагах и зарождалась наука как вид человеческой деятельности. Но она, видимо, еще не созрела до того, чтобы вести мониторинг за угрозами человека природе.

И все это было земным фоном, на котором формировались разномасштабные ячейки человеческого социума. Не исключено, что это и помогало, а иногда и затрудняло регулирование, необходимое человечеству для выработки норм «общественного поведения». Мы учились друг у друга учитывать как положительный, так и отрицательный опыт. Человечество постепенно окружило самого себя «информационным полем», без которого теперь трудно даже представить себе само существование рода человеческого. В данном «информационном поле» возникали и совершенствовались мастерство мышления и навыки профессиональных умений. Здесь родились знания, полученные не только в труде, но и в заботах о хлебе насущном. Видимо, мы не всегда понимали «хрупкость» принявшего нас мира. Нас больше заботило удовлетворение наших естественных потребностей. А позже знания вышли за пределы той части пространства, в которую теперь своим сознанием поставили нашу планету. Ведь и до сих пор многие свойства этого пространства остаются недостаточно нами осознанными. Затем перед нами встали тайны времени. Но самой большой тайной оставался сам человек. Его внутренний мир и причины принятия тех или иных решений – еще один не познанный до конца «космос». Не удивляет лишь то, что пространство, как известно, не имеет ни начала, ни конца. Не имеет его и время. И так же, наверное, бесконечен внутренний мир человека.

Геоморфология, как и любая другая наука, посвятила себя выявлению сущности объекта – рельефа земной поверхности. Она создала некоторую группу специально обученных людей и растит новое поколение «посвященных» в тайны геоморфологического знания.

Сам объект фундаментального изучения нашей науки (рельеф земной поверхности) более или менее известен. Его природа – часть природы Земли. Земная поверхность реальна и вещественна, как и любая из физических поверхностей. Неровности (или встречающийся на ней рельеф) являются ее свойством. Они не остаются неизменными. А их эволюция связана с перемещениями вещества нашей планеты. В приповерхностном слое земной коры легко выделяется тот слой горных пород различного состава и происхождения, который принимает участие в рельефообразовании. Они могут испытывать вертикальные и латеральные перемещения под действием приповерхностных рельефообразующих сил. В местах обитания человека, где подобные перемещения обычны, они становятся одной из причин многих природных и природно-техногенных явлений, в том числе и катастроф.

За время своего существования человечество приспособилось к особенностям этой поверхности. Оно научилось добывать пищу и иные продукты для существования. Развитие геоморфологии в XX столетии было направлено на совершенствование фундаментальных знаний о сущности этой поверхности.

Со временем человечеству оказалось необходимым, наряду с фундаментальными знаниями, добывать еще и «параллельные знания», особо важные для обеспечения эффективного и рационального труда. Такие направления возникали не только в нашей науке.

Деятельность по жизнеобеспечению человечества, в конечном счете, «обеспечивает» знаниями не только геоморфология. Каждая из наук морально отвечала и отвечает за некоторый участок деятельности. Объем поступающей информации быстро рос. И, видимо, в научных институтах не было такого звена, которое координировало бы научную деятельность человека в целом.

То, что развитие промышленной деятельности человека разрушает мир его обитания, известно было давно. И то, что это может ухудшать качество жизни на поверхности Земли, стали замечать еще в начале XIX столетия. Однако, при этом «земная кладовая» необходимых для жизни ресурсов считалась практически «бездонной». И так было вплоть до второй половины XX века. Сообщение биологов и медиков, проверенное на моделях выдающимися математиками, не только подтвердило, но и усилило представление о надвигающейся катастрофе. Даже те, кто не мог проверить иссле-

дованиями истинность заключений «алармистов», повседневно встречались с фактами растущего загрязнения окружающей среды. Это непростое «знание», полученное специалистами биологами-экологами, трудно было принять целиком, а еще труднее опровергнуть.

Думается, что такое ощущение могло возникнуть практически у любого ученого. А мы к началу 1990-х годов практически все еще инвентаризировали знания и пытались найти свое место в решении проблем. Новому направлению в научной деятельности пытались придать новое место в человеческой деятельности. Многие в то время придумывали новое имя будущей науке, которая начнет систематически заниматься появившимися проблемами. Тогда нам тоже надо было бы найти «геоморфологические страшилки», но найти их не удалось. Однако практически сразу же удалось увидеть лишь то, что слово «экология», как бы заимствованное на время у биологов, не совсем соответствует тому, что мы начали тогда наблюдать. Экология до этого была названием одной из отраслей собственно биологического знания. Обществу сразу же потребовалась практическая деятельность, которой действительно нужна была научная опора. Такой науки в распоряжении рода людского тогда еще не было. Важность биологических знаний под сомнение не ставилась. Проектировалось, что они могли бы стать в новой науке одной из подсистем. Наверное, именно поэтому в минуту «грозной экологической опасности» появились призывы – создать такую науку, которая могла бы создать условия для решения возникающих проблем. И реалии жизни сразу же потребовали от нас не просто «наукосозидания». Нужна была действенная деятельность ученых и практиков для подготовки общества к принятию решений.

Думается, что географы могли бы тогда вспомнить свою историю. География XIX столетия уже однажды занималась возрождением истории по рекомендации А. П. Павлова. И делал это тогда основатель университетской географии Д. Н. Анучин. Вспомним здесь о том, как видел проблему А. П. Павлов. Он тогда сказал, что для возрождения географии необходимо в университете создать кафедру, которая создаст такую науку, которая, в свою очередь, подготовит не только специалистов-исследователей, но и учителей. Исследователи создадут базу и наметят пути исследования

незнакомому эффекта. А учителя вырастят «образованное» поколение новых людей. И в этом случае проблема будет действительно понята «общественностью». А человечество приступит к решению «решаемых экологических проблем». Такой путь был проверен историей нашей страны. Он оказался правильным. В начале XX в. для переоборудования нашей науки потребовалось около тридцати лет. На них тогда пришлось время войн и революций. Заметим, что в западных странах такого опыта не было. Да и у нас в стране этот опыт географии был забыт. Пожалуй, только в конце 1970-х годов профессор географического факультета К. К. Марков, незадолго до его кончины, написал статью и далее обратился с письмом в ООН. В его статьях и в обращении к международному форуму были приведены аргументы в пользу преобразования нашей науки. Речь там шла о перестройке структуры преподавания географии в Московском университете с превращением страноведческо-отраслевой его структуры в направлении усиления географической фундаментальности управления природопользованием.

От момента заявления биологов и медиков о существовании экологических угроз на нашей планете прошло более двадцати лет, прежде чем «взамен» алармистского тона в выступлениях и заявлениях общественности начали звучать голоса в пользу более систематического изучения проблемы отношения природы и человека. Но теперь уже она зазвучала в рамках «концепции устойчивого развития». Эти десятилетия не были полностью потерянными ни для науки, ни для практиков. В хозяйственной деятельности человечества учитывалось то, что главной причиной многих экологически вредоносных действий является сам «человек» с амбициями в его вседозволенности. И многие принятые тогда правительственные и межправительственные постановления были направлены на уменьшение нерациональных и несанкционированных общественностью действий человека.

Не напрасными, хотя и, может быть, недостаточно эффективными, были действия в перестройке ряда наук и всей системы экологического образования. Но именно в эти годы было установлено, что среда, окружающая человека, обладает сложной структурой. Сведения о запасах возобновимых ресурсов были прокорректированы. Хотя никто не настаивал на изучении источников их пополнения. Стало лишь ясно, что заменители по качеству

сильно уступают тем, которые являются традиционными для земель. Может быть, это совсем неплохо. Ведь знание о несовершенстве их заменителей и недостаточности выявленных запасов некоторым образом подстегнуло ученых к дополнительному их поиску. Вообще же угрозы человечеству «страшилками» о конечности невозобновимых и ограниченности возобновимых ресурсов стимулировали поиски новых решений. Они напомнили о том, что человечество должно выбирать режим экономии, должно бороться и с безответственными растратами жизненно важных ресурсов. И теперь, по прошествии десятилетий, можно сказать, что призывы того времени были своевременными и актуальными. И, конечно же, они были тогда услышаны. Но, к сожалению, общественная реакция на них не была адекватна прозвучавшим «экологическим угрозам».

Из всех возможных причин предполагаемых бедствий главная была выделена – непродуманное поведение человечества. Кое-что, да и некоторые из причин проявлений начала кризисных явлений, за эти годы частично было компенсировано локальными мерами и научными изобретениями. Но главная беда осталась – социальное неравенство возможностей удовлетворения естественных потребностей не пошло на убыль. А темпы нарастания загрязнения окружающей среды сохраняются и до сих пор.

Огромные средства, выделенные тогда на изучение экологических проблем, позволили на многое взглянуть иначе. Еще в те годы стало известно, что планируемым высоким темпам роста экономического развития будет препятствовать рост необходимого потребления энергии. Его нужно было бы как-то ограничить. А оно, даже после обсуждения этой проблемы в мире, продолжает реально расти. При этом с ростом благополучия населения Земли прямо это, вроде бы, и не связано. А во всей экологической проблеме, которая тогда прозвучало грозно, оказалось больше социально-экономических оттенков, чем экологических. Нужно отметить все же, что появившееся экологическое законодательство несколько снизило наши потери. И я пока не уверен в том, что общее стремление к экономии энергии и других ресурсов уже дает положительные результаты. Да и контроль над состоянием и изменениями среды остается недостаточным. Остается неудовлетворенность и состоянием нашего образования и экологической культуры. Главный ло-

зунг и призыв к действию «Не навреди» все еще не стал самым главным в выборе типов поведения.

Я не могу отнести к успехам и достижениям нашего времени то, что сделано в области теории и методологии экологической науки. Многое здесь похоже на «топтание на месте». Так, например, нам всем в то время было сделано, казалось бы, заманчивое предложение – вместо термина «экология» употреблять новое имя то ли для науки, то ли для общей деятельности. Было предложено называть ее «геоэкологией». Споры снизили свою остроту. Но ведь это название никого так и не объединило. Оно не объединило нас потому, что ничего совершенного и законченного ни в жизни, ни в науке сделать невозможно, если механически взять и смешать некоторые из гуманитарных наук с естественными, техническими. Конечно, можно представителей посадить в одну комнату и поручить общую работу (определив лишь некоторую общую ее цель). Однако объединять таким образом целые области знаний (то есть целые науки) вряд ли продуктивно. Ведь для всех уже существующих систем знаний известно, что цели их различны. Даже у одной системы знаний ее цели отличаются от целей каждой из «подсистем». Думается, что вся задумка с внедрением в практику нового названия оказалась несостоятельной. Идут споры, а общего решения даже простейших экологических проблем не возникает. При объединении наук можно попытаться достигнуть компромисса лишь на пути представления некоторой свободы действий для каждой из наук. И тогда при единстве общих целей у группы ученых, согласившихся работать совместно, может быть получен согласованный результат. Правда, для этого необходимо совместное системное планирование и согласование промежуточных результатов. Описывать систему процедур в кратком пособии не следует. Скажу лишь, что у геоморфологов есть определенные возможности оказаться в составе такого комплекса. Среди них могут быть специалисты нашего профиля в науке, но вряд ли они могут стать идеологами такого исследования. Ведь большинство основных причин, вызывающих начало кризисных экологических явлений, связано с поведением человека. И это поведение изучают другие науки. А вот в составе коллектива участников такой работы геоморфологи просто должны быть. И нужно это для того, чтобы вся работа оказалась результативной.

В рамках данного пособия, можно ограничиться тем, что пока есть определенные трудности, в частности трудности совмещения научного языка. Поэтому, может быть, полезнее будет определить общие цели всего экологического исследования, а из него выделить цели эколого-геоморфологического анализа.

1.1.4. Главная стратегия экологической геоморфологии

Цель исследования. Если кризис взаимодействия человека и окружающей среды действительно приобрел глобальные размеры, то, возможно, следует сначала научиться управлять изменениями экологических состояний Земли как целого. Если это принять, то целью такого эколого-геоморфологического анализа (в рамках решения глобальных экологических проблем) могла бы служить, например, такая: *определить роль рельефа земной поверхности в управлении эколого-геоморфологическими состояниями планеты.*

В таком случае можно попытаться дать определение и предмету нашего направления исследования. С точки зрения проблем глобального экологического кризиса как целого изучением только лишь одного традиционного для нашей науки объекта исследования – рельефа земной поверхности – нам не обойтись. Ведь кризис оказался напрямую связан с деятельностью человека. А изучение причин «нерациональности» его поведения выходит за пределы компетенции геоморфолога. Для постановки чисто геоморфологических задач нужен особый материал, собрать который без геоморфологического взгляда на систему «человек – рельеф» просто невозможно. Вероятно, для этих целей нужно писать такую согласованную программу, по которой одновременно смогут работать несколько специалистов. Один геоморфолог самостоятельно многих причин, вероятно, не обнаружит. И тогда должен будет ограничиться исследованиями лишь следствий без изучения главных причин возникновения тех или иных событий. Думается, что согласование вопросов, подлежащих в дальнейшем общему междисциплинарному обсуждению, потребует времени и, главное, желания.

Предмет эколого-геоморфологических исследований. Если цель определена, то ясным становится и предмет исследования.

Давайте, мы скажем сначала так: Экологический кризис угрожает существованию современной цивилизации на Земле. Тогда предмет полного экологического исследования можно определить следующим образом: *Вся современная (небиологическая) экология изучает современное состояние процессов взаимодействия человечества с природой в ходе хозяйственного обеспечения своего существования.* Из этого легко выделить предмет исследования и экологической геоморфологии. Если вышесказанное принять, то: *Предметом ее исследования является рельеф земной поверхности со всеми видами его отношений с людьми, населяющими Землю, с элементами природных систем и космическими связями «Земля – Космос».* И делает она это с целью геоморфологического обеспечения задач управления таким взаимодействием.

Пока не выявлены управляющие системы этих отношений, постановка эколого-геоморфологической задачи в целом имеет лишь методологический смысл. Если когда-нибудь данная задача будет поставлена и принята, то результаты ее решения могут понадобиться одному из органов ООН. И вот тогда нам будет необходимо вспомнить, что рельеф земной поверхности имеет таксономическую структуру.

В геоморфологии рельеф земной поверхности принято разделять на комплексы форм или формы разных таксономических уровней или рангов. Детальное обоснование такого деления пока не является общепринятым. Так, И. П. Герасимов и Ю. А. Мещеряков предложили выделять три категории форм рельефа разного ранга: геотектуры, морфоструктуры и морфоскульптуры. Все мы попытались классификацию проверить и далее использовать. Но в эколого-геоморфологических работах идеи не получили широкого распространения. Есть в этой области предложения 1960-х годов у Ж. Трикара и А. Кайе. Можно вспомнить и таксономию рельефа 1976 года, созданную А. И. Спиридоновым. Однако ни одна из них не прошла проверку временем, поскольку эколого-геоморфологические исследования такого рода никого не заинтересовали.

А, казалось бы, так просто – сделать сначала мелкомасштабную работу на весь земной шар, а затем итерациями спускаться по таксономическим ступеням по известной схеме: материки и океаны – части материков и океанов (страны) – части частей материков и океанов (районы) и т. д.

Если пойти по такому пути, то следует вспомнить, что эколого-геоморфологическое исследование не может просто копировать деление территорий, основанное на принципах, принятых в фундаментальной геоморфологии. Для данного случая историко-генетический принцип деления рельефа и групп его форм оказался, в основном, непригодным. Непригодным потому, что, если его все же принять, то нужно помнить, что информация, полученная в ходе исследования, должна быть ориентирована на конкретного ее потребителя. Ведь если эколого-геоморфологическое исследование выявит кризисные или предкризисные ситуации, то решения по их упрощению или ликвидации должны принимать «управляющие социальные структуры». А отношения, которые нужно будет разрешать, регулируются международным правом. Поэтому принцип деления территорий должен быть не типологическим, а региональным. Им может стать геоморфологическое районирование. А классификация, построенная на типологическом принципе, может существовать параллельно для выяснения межгосударственных отношений.

Основные принципы эколого-геоморфологического районирования. Такого исследования пока не проведено. Но уже сейчас не только можно, но и следует начать обсуждать принципы такого деления. Они должны опираться на комплексный анализ возможных субъектов и объектов международного права. Одной из главных проблем здесь является разделение поверхности Земли на группы территорий. Некоторые из них окажутся территориями индивидуального или суверенного пользования с разделенной ответственностью за принятое для каждой из них экологически нормированное природопользование. Вероятно, в обстановке экологической угрозы каждая из стран должна брать на себя обязательство и нести ответственность за нормированное безопасное для всего человечества природопользование – для человечества в целом. Вероятно, такое «право» в каком-то виде существует. Сухопутные границы государств как ответственных владельцев соответствующих территорий уже проведены. Существует межгосударственное разделение и вод океана. Геоморфологам следует использовать уже установленные границы. А у нас в этой части эколого-геоморфологических работ будут существовать три категории стран: две из них – внутриконтинентальные и приморские страны.

Вторая от первой категории отличается тем, что они имеют прямой выход к системе связанных между собой морей и океанов. К третьему виду отнесем поверхности морских и океанских вод. Большая часть их поверхности – воды общего (совместного) использования.

Для регулирования общеземного землепользования геоморфологам следует отдельно выделить еще и некоторые части всей поверхности нашей планеты и нашего «земного неба», с которыми могут быть связаны «главные угрозы» существованию человечества. Думается, что на Земле есть три группы типов земных и околоземных пространств, которые могут создавать опасность для существования человечества:

- угрозы, идущие к Земле из Космоса (они откуда-то к нам приходят с различной вероятностью);
- угрозы, идущие к нам из земных недр (они выходят на поверхность в виде ареалов и полос гипоцентров, вулканических событий);
- угрозы, идущие к нам от нерационального природопользования самого человечества (они находятся на территориях различных стран в виде крупнейших мегаполисов, крупных карьеров добычи полезных ископаемых и др.).

Очевидно, что геоморфологам придется принимать участие в разработке программы защиты от всех трех видов угроз. И это должно быть принято на некотором уровне управления геоморфологическими работами в качестве *трех главных составляющих* программы экологической геоморфологии.

Менее всего мы подготовлены к решению проблем, связанных с угрозами первой группы. Здесь главными специалистами являются астрономы, которые могут быть связаны с современной геоморфологией через уже существующую планетарную геоморфологию. Правда, для того, чтобы наше участие в такой программе состоялось, следует несколько расширить предмет исследования данной отрасли геоморфологических знаний, включив в круг ее изучения исторический анализ метеоритных бомбардировок и соответствующего им типа катастроф.

Вместе с тем, говоря об участии геоморфологов в решении ряда проблем, связанных с пониманием сущности угроз первой группы,

нельзя пройти мимо и не заметить еще одного обстоятельства. Угроза уничтожения человечества активно обсуждается не только в той части общества, мировоззрение которой обосновано официально признанной наукой. В системе представлений этой части общества людей окружающий человека мир признан объективно существующим вне сознания человека. Следуя такому утверждению, мы приняли также и то, что он научно познаваем, а течение явлений, которые мы наблюдаем, и достоверно, и научно предсказуемо. Не приняв эти базовые утверждения, в наше время просто нельзя заниматься научными исследованиями. Иначе тебя никто не поймет. К тому же официальной наукой многое уже сделано для торжества знаний. В этом есть определенный вклад, сделанный геоморфологией. И давайте это не будем забывать. И каждый из нас по-своему надеется на то, что наша наука не перестала существовать. И многое еще будет сделано.

Вместе с тем, сама наука, достигнув современных высот, столкнулась с рядом проблем, решение которых в ближайшее время вряд ли произойдет, и десятки вопросов «почему» и «как» не получают вразумительного ответа. Эти вопросы известны. К ним относятся многие начальные понятия. Восприняв многие догмы, благодаря созданной системе образования и обучения, нельзя не удивляться тому, что мир закономерен, и в такой закономерности мир не только познаваем, но даже красив. А многим ученым всегда, во все времена, хотелось познать – кто же, или какая сила создала эту красоту. Вместе с тем, мы все вместе уже не раз встречались со многими ограничениями возможности познания в мире «количественных» отношений. Большой загадкой является наш разум – тот инструмент, с помощью которого мы фиксируем существование закономерного и хаотичного.

И чем больше мы узнаем о свойствах окружающего нас мира, тем больше вокруг нас возникает «незнаемого» и «непознаваемого». Как будто существует кто-то, или чья-то воля, которая не приближает нас к этим конкретным знаниям. Если посмотреть на соотношение познанного и непознаваемого, а затем рассмотреть их изменения во времени, то нетрудно предположить, что отношение их числа стремится к нулю. Но ведь отсюда следует вывод о непознаваемости мира в бесконечности времен.

Или, ближе к теме, почему приближение человечества к экологическому кризису первыми заметили биологи и медики? Почему не физики или не математики? Думается, что на этот вопрос вряд ли когда-либо будет получен ответ. Пока скажем, что «просто так вышло», и призовем спросившего к иному способу получения наших знаний. И давайте будем отныне считать, что, кроме нашего разума и всего познанного, есть нечто «необъяснимое», «не познанное» нами. Вполне возможно, что не познанная нами природа говорит с нами на языке, пока еще нами не расшифрованном. Она посылает нам «свои знаки», которые мы должны будем еще «разгадать».

Нам, геоморфологам, природа предложила общение с нею через познание «форм» неровностей земной поверхности. И этот язык состоит совсем не из слов. Слова к ним мы придумываем сами. Мы многое уже «прочитали» в формах земной поверхности. Или, может быть, «догадались» о самом важном и сокровенном в природе этих форм. Природа «посылает» нам эти новые и новые формы неровностей. Мы их рассматриваем и ищем те знаки, которые рассказывают нам о нашем и их общем прошлом. Может быть, это – язык памяти, которую формирует сама природа. А человек отвечает от имени нас всех своими «рукотворными формами». Часто вместе со своим прошлым мы узнаем их красоту. Узнаем, но не знаем, «откуда» она взялась в увиденном чуде.

Природа же часто их не принимает, а разрушая – уничтожает. Уничтожает, несмотря на то – искусственные они или естественные. Так возникает однообразие выровненных поверхностей – хорошо нам известных поверхностей выравнивания. Мы, люди, научились смягчать эти «удары природы». И геоморфологи здесь служат не природе, а людям, неумело призывая человечество к жизни в согласии с природой. Экологический кризис, который обнаружили наши коллеги, – поданный нам знак: «Люди, Мать-природа устала дожидаться вашего благоразумия».

Во второй группе угроз, названной выше (эндогенных угроз), тоже явно присутствуют такие, которые имеют отношение к нашим знаниям. Анализ эндогенного морфогенеза важен, но для предсказания этих явлений у нас пока не хватает наработок, относящихся к будущему рельефа активных тектонических зон и вулканизма. Здесь кое-что сделано, но многое нужно еще объяснить.

Главными из «угроз третьей группы» для нас являются эколого-геоморфологические угрозы, создающие проблемы, решением которых наша наука занимается уже достаточно давно. Прикладная геоморфология длительное время работала вместе с практиками, помогая сокращать затраты на строительство и эксплуатацию инженерных сооружений, включая и строительство промышленных сооружений, на поиски, разведку и эксплуатацию месторождений полезных ископаемых, на эксплуатацию рек и их энергетических ресурсов и многое другое.

В результате хозяйственной деятельности на поверхности Земли возник и развивается природно-антропогенный рельеф, законы эволюции которого известны нам недостаточно. Из этого прямо следует целый ряд «угроз» со стороны неряшливого отношения к проблемам устойчивости этих сооружений. Их следует рассматривать с геоморфологических позиций, рассматривать и оценивать потенциальную эколого-геоморфологическую опасность. Реально эти формы и комплексы форм (сюда, в первую очередь, относятся и мегаполисы, и атомные электростанции, и рукотворные водохранилища и др.) являются – и довольно часто – потенциальными эколого-геоморфологическими угрозами.

На стадии их проектирования геоморфологи обычно принимают то или иное участие. Дальнейшая же их судьба обычно передается на ответственность инженеров и руководителей производств различного ранга. Они готовы принимать экономические и технические решения. Но им явно нужна регулярная помощь знатоков естествознания.

Особую проблему здесь представляет (наряду с техническими и иными проблемами) геоморфологическое положение рукотворных форм рельефа. Особенно внимательного отношения требуют к себе их комбинации с естественными формами рельефа. Последние в природе выполняют три разных функции. Естественные формы рельефа и до сих пор все еще обычно создают главные формы поверхности в разных ландшафтах. А теперь они не менее часто дополнены искусственным рельефом антропогенного происхождения. Естественные положительные формы рельефа являются разделителями водных и водно-грунтовых потоков. В геохимии их соединят в элювиальные ландшафты. Искусственные формы чаще бывают положительными, и по этому признаку функциональ-

но близки к естественным. Однако их разделительные функции часто не согласованы. По отношению к загрязнениям естественные формы автоморфны. Загрязнения в их пределах чаще всего имеют три основных источника. Они возникают из атмосферы, из эндогенных источников или создаются на месте человеком. Особенно широко в рельефе распространены трансэлювиальные обстановки. И в них четко прослеживается бассейновая организация рельефообразующих обстановок с их аквальными, субаквальными и супераквальными вариациями. Рельеф такого типа многообразен, и его функции различны.

Обратим внимание на разнообразие форм антропогенного использования этих обстановок. Различного рода сооружения не только изменяют морфологию поверхностей. Антропогенные формы рельефа иногда заметно меняют микро- и мезоклимат территорий. Но, может быть, еще более важно то, что они заметно меняют гидрогеологическую обстановку и смену состояний этих систем. Последнее часто регистрируется в динамике грунтовых вод. Именно здесь подземные воды получают дополнительное питание из естественных и антропогенных источников. А полученные загрязнения могут проникать и в более глубокие их горизонты.

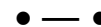
На территориях активного воздействия человека все сложнее. Ведь на пути движения естественных потоков встают не отдельные строения, а целые города с их промышленностью, транспортом, а иногда и с многомиллионным населением. В числе их жителей много «мигрантов», поведение которых принципиально отличается от привычек коренного населения в отношении к окружающей среде.

В геоморфологии уже накоплен большой опыт, но он нацелен на создание инженерных сооружений, а не на анализ последствий их функционирования. В связи с возникающими эколого-геоморфологическими задачами этот опыт можно и нужно расширять и углублять. Собственно само это направление в прикладной геоморфологии в нашей стране зарождалось в работах по изучению именно таких трансэлювиальных обстановок.

Если в данной области встанут задачи районирования территорий в сочетании естественного и искусственного рельефа, то, вероятно, следует воспользоваться наработками фундаментальной геоморфологии. По ряду причин особенно привлекательна в этом

случае может оказаться морфологическая концепция И. С. Щукина, в которой рекомендуется проведение районирования территорий с выделением различных типов природной среды с их типичными морфологическими комплексами.

В экологической геоморфологии рано или поздно встанут и те вопросы, которые поставлены жизнью перед другими науками. Дело в том, что государственные границы разделяют мир земной поверхности, а природа, в том числе и рельеф земной поверхности, утверждает, что он един. Нередко некоторое опасное явление возникает на территории одного государства, а кризисные «формы» оно приобретает уже в другом. Государственная граница их разделила, и природа «преподносит сюрпризы» из одной страны в другую. Трансграничные переносы воздуха и потоков поверхностных вод известны. Многие варианты кризисных отношений в этой области уже разрешаются с помощью соответствующих договоров и деклараций, ведь действительно можно совместно использовать природные ресурсы, совместно предотвращать грядущие бедствия и многое другое. В решении возникающих в данной области проблем есть место и для совместных геоморфологических исследований, и для совместно выработанных рекомендаций по уменьшению последствий природных катастроф и экологически нежелательных явлений. Важно лишь своевременно их заметить и своевременно договориться об обязательных действиях.



Оценка состояния отношений человечества с окружающей его средой, сделанная учеными во второй половине XX столетия, вызвала серьезную озабоченность со стороны не только интеллигенции и политической элиты ведущих стран мира. Средства массовой информации сделали многое для того, чтобы довести сведения о положении дел в этой области читающему населению планеты. Возникло общественное движение, были выделены заметные материальные и денежные средства для исследования этой проблемы и выработки мер, необходимых для прогнозов ближайшего и отдаленного будущего Земли. За последнее десятилетие весь мир медленно отходил от алармистских утверждений. В различных документах, обсуждающих проблемы отношения человечества с

окружающей природной средой, наряду со словами «экологическая опасность», все чаще встречаются слова «устойчивое развитие». Думается, что в такой формулировке ставится не проблема, а формулируется цель. Чтобы она стала понятнее тем, кто дальше будет стремиться к ней, может быть, следует поставить ее в один ряд с целями, к которым в предыдущие столетия стремились все науки, в том числе геоморфология.

Известно, что все фундаментальные науки в своем развитии последовательно или параллельно решали три основных класса задач:

- описание выделенных объектов или явлений;
- объяснение их свойств;
- прогнозирование изменений этих свойств в пространстве и во времени.

Результаты научных описаний выявленных свойств изученных объектов могли бы быть использованы для того, чтобы узнавать эти предметы и отделять от тех, которые человечеству в данный момент и в данном месте не нужны. Результаты исследований предметов с объяснительным содержанием помогали совершенствовать их использование, направленно искать и находить то, что нужно человеку «здесь и сейчас». А знания о будущем всегда помогают найти то решение, которое наиболее необходимо. Эти знания использовались, одновременно накапливались рабочие навыки того, что нужно делать в каждой из возможных на Земле обстановок. Так созрела важная прикладная «идея», которая в сознании может звучать так: чтобы добиваться максимальных результатов, нужно не просто наблюдать за ходом «созревания» желаемых результатов. Что-то нужно поливать, а что-то – осушать. Иногда нужно «ловить ветра парусами», а иногда их «сбрасывать». Примеров тому – тьма. Так возникла идея – а нельзя ли управлять некоторыми процессами и получать необходимые результаты в необходимое время.

Человечество встретилось с экологическими явлениями. Глобальные их масштабы явно напугали человечество, раскрыв перед ним настораживающую перспективу. Были сразу же предприняты попытки если не ликвидировать саму опасность в корне, то изменить тенденцию к ухудшению экологического состояния на-

шей планеты. Мы искали и нашли причины этого явления. Теперь же стремимся придать этим явлениям «устойчивость», то есть отсрочить нежелательные последствия. Нас напугало будущее, и теперь главной задачей любой науки становятся:

- заново описать кризисные явления и выявить их причины;
- создать систему мониторинга причин и их следствий;
- научиться делать вначале хотя бы краткосрочные прогнозы изменения окружающей среды;
- научиться управлять явлениями, протекающими в окружающей «земной» среде;
- выработать стратегию дальнейшего развития природопользования на Земле.

Такими представляются перспективы развития эколого-геоморфологических исследований. И наше обучение в Московском университете, частью которого является курс лекций по прикладной геоморфологии, должно обеспечить подготовку специалистов, способных решить стоящие перед нами задачи.

Вопросы

1. *Каковы причины и условия возникновения экологической геоморфологии у нас в стране?*
2. *Как рождалась экологическая геоморфология на кафедре геоморфологии и палеогеографии МГУ?*
3. *Как следует выбирать проблемы для эколого-геоморфологического исследования?*
4. *Дайте определения понятиям «эколого-геоморфологическая обстановка» и «эколого-геоморфологическая ситуация». Приведите примеры «обстановок» и «ситуаций».*
5. *Назовите главные проблемы в изучении связей здоровья человека в экологической геоморфологии с эколого-геоморфологическими аномалиями.*
6. *Назовите типы территориальной организации объектов и их влияние на выбор эколого-геоморфологических задач.*

1.2. Типы геоэкологических ситуаций, роль рельефа в них и принципы их анализа

1.2.1. Экология и геоэкология

Современный экологический кризис и необходимость его анализа обусловили проявление двух тенденций: расширение объема экологии, одной из наук биологического цикла, и так называемую экологизацию многих других научных дисциплин. В рамках первой тенденции, наряду с биоэкологией, стало интенсивно развиваться изучение экосистем высоких иерархических уровней – по существу, ландшафтов; это направление немецким географом К. Троллем еще в 1939 г. было названо геоэкологией. Довольно скоро проблематика нового направления вышла за пределы собственно биологических наук и стала смыкаться с интересами смежных дисциплин, в первую очередь – географии. Необходимость анализа антропогенного воздействия заставила включить в сферу интересов экологии не только традиционное ландшафтоведение (ландшафтную экологию, биогеоценологию), но и ряд смежных направлений – особенно, природопользование, а также соответствующие разделы экономической, социальной географии и экономики.

Иногда говорят о традиционной экологии и современной экологии, призванной изучать взаимодействие природы и общества. При этом меняется аспект исследования: современная экология – антропоцентрическая область научного знания, определяющий момент которой – человек.

Однако складывающаяся ситуация имеет два негативных следствия. Первое – «расползание» экологии до необъятных размеров и фактическая утрата ею собственного предмета исследований и соответствующей методологической и методической основы.

Второе следствие – преуменьшение, а часто и полное игнорирование роли географии, которая по определению является наукой о пространственно-временных аспектах взаимодействия природы земной поверхности, населения и хозяйства, имеет соответствующий понятийно-терминологический аппарат, теоретическую базу и арсенал методов. На Западе это игнорирование проявляется даже на уровне учебных пособий, руководств и терминологических справочников, где слова «география» и «ландшафт» вообще не употребляются.

Академик И. П. Герасимов (1985) не считает возможным рассматривать «экологию» в ее современном понимании как самостоятельную науку, развивающуюся на стыке естественных и общественных наук. Он склонен толковать экологию как специфический общенаучный подход к изучению различных объектов природы и общества, наряду с системным и другими подходами; цель его – выявление и исследование связей, существующих между объектом и окружающей средой. Реализация его должна основываться на знаниях разных наук. И. П. Герасимов иллюстрирует это положение, характеризуя экологические аспекты географии, геологии, биологии, технологических и социально-экономических наук.

Л. Е. Смирнов (1982) предлагает интересное решение проблемы соотношения экологии и географии. По его мнению, объектом экологии является такое сочетание двух систем, при котором одна система включает в себя другую и является внешней средой ее существования. Экосистема – это всегда только система «объект – среда». Она является базой для конкретных направлений экологии.

Задача физической географии – разработка теории, описывающей строение и функционирование географической оболочки Земли. Теорию, отражающую взаимоотношения биологических, технических и социальных систем с географической средой, разрабатывают эколого-географические науки (Смирнов, 1982).

С. П. Горшков [1] дает следующее определение геоэкологии: это наука об организованности биосферы, вмещающей ее супергеосферы и околоземной Космос, об их антропогенном изменении, способах управления для целей выживания и устойчивого развития цивилизации; наука о механизме и архитектуре окружающей среды, при необходимости использующая ретроспективы и прогнозирование. С. П. Горшков отмечает, что формирующаяся геоэкология во многом по-другому начинает раскрывать известные ранее законы природы и подошла к открытию новых. Геоэкология будет одной из главных наук в XXI веке.

Очень краткое определение экологии дает К. С. Лосев [7]: это наука о динамической устойчивости жизни и биосферы и механизмах, обеспечивающих эту устойчивость.

С нашей точки зрения, определяющим в возникновении геоэкологических – то есть связанных с геосферами – проблем является

использование человеком природной среды, то есть природопользование. Оно – имеет следствием три результата: экономический, экологический и социальный [2]. Поэтому целесообразно определить геоэкологию как комплекс научных направлений, изучающих экологические аспекты природопользования. Пока приходится говорить о комплексе направлений, а не о сложившейся науке, поскольку возникновение геоэкологии – результат экологизации нескольких наук, прежде всего географии и геологии. Объекты этих наук разные – соответственно географическая среда и геологическая среда; объединяет же эти направления в рамках геоэкологии единство предмета. Таковым, с нашей точки зрения, являются различного масштаба и происхождения геоэкологические ситуации, возникающие в процессе природопользования – от локальных и региональных до глобальной.

Из сказанного следует, что основной метод геоэкологии (метод «первого порядка») – анализ геоэкологических обстановок и ситуаций. Его принципиальным отличием от традиционных методов «экологизирующихся» естественных наук является обязательное присутствие оценочного подхода (допустимо – недопустимо, целесообразно – нецелесообразно и т. д.), причем «с точки зрения» и объекта, и среды. Не случайно одна из основных целей геоэкологических исследований – оценка и прогноз воздействия человека на окружающую среду, а другая – оценка и прогноз воздействия, как естественного, так и спровоцированного, окружающей среды на человека, население и хозяйство. Естественно, что геоэкологические проблемы раньше других начали разрабатываться в рамках прикладных направлений наук о Земле, которые уже давно решали задачи оценки и прогноза. Понятия «эколого-геоморфологические обстановки» и «эколого-геоморфологические ситуации» (касающиеся геоэкологических ситуаций, связанных с особенностями рельефа территорий и геоморфологическими процессами на них) введены и рассмотрены в работах Ю. Г. Симонова и В. И. Кружалина [5, 6; см. также гл. 1].

Не следует, однако, думать, что геоэкологические исследования могут носить только прикладной характер. Из приведенных выше определений С. П. Горшкова и К. С. Лосева следует, что главная задача геоэкологии – обеспечение выживания человеческой цивилизации. Глобальная геоэкологическая ситуация стала возни-

кать тогда, когда человек выделился из состава животного мира и стал воздействовать на окружающую природу, получая ответную реакцию. Изучать такие взаимодействия можно, лишь глубоко понимая их суть, а это – фундаментальная задача.

Методы «второго порядка» – традиционные методы отдельных наук, применяемые для получения специальной информации.

1.2.2. Типы геоэкологических ситуаций и роль рельефа в них

Поскольку в каждой геоэкологической ситуации взаимодействуют общество и природная среда, типизацию целесообразно вести путем сопоставления различных видов воздействия общества на природную среду, с одной стороны, и с другой стороны – некоторых фундаментальных свойств природной – точнее, географической и геологической – среды, определяющих как характер ее реакции на это воздействие, так и характер собственных воздействий среды на человека.

Структура воздействия общества на природную среду отражена в видах природопользования. Существуют несколько перечней этих видов. Наиболее полный (хотя и нуждающийся в дополнениях) перечень видов природопользования составил К. В. Зворыкин (1993). Он выделяет четыре группы видов природопользования.

I. Производственное природопользование: 1) сельскохозяйственное; 2) энергодаточное; 3) водоснабженческое; 4) горнопромышленное наземное и подземное; 5) горнопромышленное морское (на шельфе); 6) лесохозяйственное; 7) охотопромысловое наземное; 8) охотопромысловое морское; 9) хранилищно-складское; 10) фабрично-заводское; 11) отхода-свалочное; 12) вспомогательное, включая строительное, рекультивационное и мелиоративное (средоулучшающее).

II. Пространственно-увязывающее природопользование: 13) транспортно-морское; 14) транспортно-речное и озерное; 15) транспортно-авиационное; 16) транспортно-подземное (добавлено нами – В. М.); 17) энергопередаточное; 18) железнодорожное; 19) автодорожное; 20) гужевое и пешеходное; 21) трубопроводное (добавлено нами – В. М.).

III. Коммунальное природопользование: 22) городское и другое селитебное; 23) научно-учебное (в природе); 24) культурно-мемориальное; 25) спортивно-оздоровительное; 26) лечебно-курортологическое; 27) рекреационное.

IV. Средоохранное природопользование: 28) водоохранное; 29) природоохранное (в отношении видового генофонда растений и животных, редких естественных явлений и объектов); 30) запасное (в отношении всех других природопользований).

К этим четырем группам необходимо добавить весьма важную V группу (без разделения на виды) – военное природопользование (при всей иррациональности такого словосочетания).

Под транспортно-подземным имеется в виду перемещение транспортных средств в подземных тоннелях; трубопроводное землепользование нельзя включать в энергопередаточное, так как, кроме энергоносителей, по трубам может передаваться сырье, вода и т. д.

Как можно видеть, К. В. Зворыкин сгруппировал виды природопользования по их целевой направленности. Возможны и другие варианты группировки – по интенсивности воздействия на среду, по пространственному признаку – локальному, линейному, площадному; по характеру используемых средств воздействия и технологических операций. На близких к последним признакам разработал классификацию геотехноморфогенных объектов Л. Л. Розанов (1990).

Реакцию природной среды на антропогенное воздействие и обратное воздействие ее на человека определяют, прежде всего, три основных, фундаментальных свойства географической оболочки, которые кратко можно обозначить так: дискретность, целостность, ритмичность (Калесник, 1970; Исаченко, 1980; Геренчук и др., 1984).

Под дискретностью географической оболочки понимается ее вещественная неоднородность, наличие вертикальной (литосфера, гидросфера, криосфера, атмосфера, биосфера с биостромом, кора выветривания, почвенный покров) и горизонтальной (структурно-геологические, геоморфологические, ландшафтные и другие образования) структуры.

Целостность географической оболочки, как известно, обеспечивается наличием глобальных круговоротов вещества и энергии,

выражающихся в соответствующих потоках разного масштаба и фазового состояния – вещества литосферы, водных и воздушных потоков, миграций живых организмов, энергетических процессах (сейсмичность, напряженность магнитного поля, внутренний тепловой и внешний радиационный потоки и др.), в напряженном состоянии литосферы, процессах глубинной дегазации.

Термином «ритмичность» (точнее – ритмичность, квазиритмичность и аритмичность или стохастичность) обозначены изменения направленности и интенсивности потоков вещества и энергии, носящие как строго ритмичный (суточные, сезонные явления), квазиритмичный (многолетняя, вековая и другая ритмика), так и эпизодический, импульсивный, стохастический характер.

Сопоставление видов природопользования с тремя указанными свойствами географической оболочки – точнее, с проявлениями этих свойств в соответствующих частях оболочки, – очерчивает совокупность геоэкологических ситуаций и их аспектов и показывает структуру такой совокупности (табл. 1.2.1).

Хотя таблица составлена с использованием двух координатных осей, в неявном виде она содержит и третью, на которой могут быть показаны конкретные проявления дискретности географической оболочки – частные оболочки и районирование по тем или иным признакам. Выбор оболочек и вида районирования – физико-географического, геоморфологического, инженерно-геологического, структурно-тектонического и т. д. – определяется характером анализируемых геоэкологических ситуаций.

Понятие «целостность» может быть конкретизировано путем выделения типов потоков вещества и энергии, а «ритмичность» – через выделение различных проявлений периодичности вплоть до ее отсутствия. Таким образом, полная совокупность геоэкологических ситуаций может быть охарактеризована более сложной, трехмерной матричной классификацией.

Как показывают приведенные в табл. 1.2.1 примеры, указанные свойства географической оболочки определяют как отдельные природные аспекты, так и характер геоэкологических ситуаций, возникающих при том или ином виде природопользования. Так, дискретность определяет, прежде всего, возможность и целесообразность того или иного вида природопользования на данной территории или акватории. Дискретность характеризуется некоторыми

Таблица 1.2.1
Совокупность геоэкологических обстановок и ситуаций и некоторые их примеры. Виды природопользования – по К. В. Зворыкину (1993), с изменениями

Виды природопользования	Свойства географической оболочки		Ритмичность
	Дискретность	Целостность	
1	2	3	4
Сельскохозяйственное	Изменение характеристик ландшафта	Нарушение естественных потоков вещества	Засухи, суховеи, пыльные бури, заморозки, градобития, наводнения
	АРАЛЬСКАЯ КАТАСТРОФА (с 1960-х годов по настоящее время)		
Маркирующее	Изменение характеристик ландшафта	Изменение биогенных потоков вещества	Штормы, цунами
	Изменение ландшафта, создание техногенных ландшафтов	Сооружение плотин ГЭС, техногенные потоки вещества ГЭС и АЭС, тепловое загрязнение	Разрушение плотин ГЭС, смог в районах ГЭС, сейсмичность
Энергетическое	ЧЕРНОБЫЛЬСКАЯ КАТАСТРОФА (26 апреля 1986 г.)		
Водоснабженческое	Сооружение водозаборов и водоводов	Изменение водного баланса	Воздействие экстремальных расходов
	Создание техногенного ландшафта, изменение геологической среды, горные удары в зонах разломов, обводнение	Техногенные потоки вещества, воздействие на подземные воды, взрывы метана	Сейсмичность, обвалы, оползни, лавины, водно-снеговые потоки
Горно-промышленное наземное и подземное	Уничтожение донных ландшафтов	Техногенные потоки вещества	Воздействие экстремальных штормов

Виды природопользования	Свойства географической оболочки		Ритмичность
	Дискретность	Целостность	
1	2	3	4
Лесохозяйственное	Уничтожение лесов, лесонасаждение	Изменение биогенных потоков вещества, подземного и поверхностного стока	Ветровалы, лесные пожары
	Изменение биопленозов, нарушение геофизических связей	Нарушение биогенных потоков вещества	Колебания численности видов
Хранилищно-складское	Изменение ландшафта, воздействие на литосферу (подземные газохранилища)	Нарушение потоков вещества	Воздействие неблагоприятных и опасных явлений (НОЯ)
	Создание техногенного ландшафта, устойчивость сооружений	Техногенные потоки вещества	Смог, кислотные дожди, сейсмичность, техногенные катастрофы
Отходо-валочное и морское	Изменение наземных и подземных ландшафтов	Техногенные потоки вещества, изменение биогенных потоков	Воздействие свалок на биоту с учетом суточных и сезонных ритмов
	Изменение, уничтожение ландшафта, создание антропогенных ландшафтов	Нарушение естественных потоков вещества	Влияние климатических ритмов
Транспортно-морское	Уничтожение нейтрона, случайный перенос вселенцев (моллюск рапана, гребневик мнемониopsis в Черном море)	Техногенные потоки вещества, изменение литодинамических потоков (порты в береговой зоне)	Морские катастрофы, аварии и катастрофы танкеров, «черные приливы»
	Различные по степени безопасности плавающие участки	Техногенные потоки вещества, нарушения естественных потоков (шхеры, суходонные прорези)	Экстремальные расходы

Продолжение таблицы 1.2.1

Виды природопользования	Свойства географической оболочки			Ритмичность
	Дискретность	Целостность		
1	2	3	4	
Транспортно-авиационное	Различные по характерным метеоусловиям районы, шумовое воздействие на биоту	Техногенные потоки вещества	Неблагоприятные и опасные метеоявления, авиакатастрофы	4
Транспортно-подземное	Литосферные неоднородности	Нарушение естественных потоков вещества	Сейсмичность	—
Энергопередаточное и трубопроводное	Контрастность природных условий на протяженных трассах	Нарушение естественных потоков вещества	Воздействия НОЯ, техногенные катастрофы	—
Железнодорожное	Контрастность природных условий, изменения ландшафта, перенос видов	Нарушение естественных потоков, техногенные потоки вещества	Воздействия НОЯ, техногенные катастрофы с токсичными грузами	—
Автоторожное	Изменения ландшафта	Нарушения естественных потоков, техногенные потоки вещества	Воздействия НОЯ, городской смог	—
Селитбное	Создание техногенного ландшафта, воздействие на литосферу, устойчивость сооружений	Техногенные потоки вещества, нарушения естественных потоков	Воздействия НОЯ, сейсмичность, наводнения, оползни	—
Лечебно-курортологическое и рекреационное	Воздействие на ландшафт, устойчивость сооружений	Нарушение естественных потоков вещества (искусственные пляжи)	Воздействия НОЯ, лавины, штормы	—
Военное	ВОЗМОЖНОСТЬ УНИЧТОЖЕНИЯ БИОСФЕРЫ ЗЕМЛИ – «ЯДЕРНАЯ ЗИМА»			—

относительно статичными характеристиками – составом пород и видовым составом биоты, морфологией и морфометрией рельефа, альбедо поверхности и т. д. Наконец, динамический аспект дискретности отражает пространственную организацию физико-географических, физико-геологических, геохимических процессов через их приуроченность к тем или иным структурным подразделениям географической оболочки.

Характер геоэкологических ситуаций, связанных с дискретностью географической оболочки, определяется как местными свойствами отдельных компонентов (устойчивость инженерных сооружений в зависимости от свойств грунта или особенностей рельефа – например, наличие карстовых проявлений), так и степенью антропогенного воздействия – от изменения отдельных характеристик ландшафта до полного уничтожения естественного и создания техногенного ландшафта.

Свойство целостности географической оболочки обуславливает возникновение геоэкологических ситуаций, прежде всего, при поступлении и переносе загрязняющих веществ, а также при изменениях и нарушениях естественных потоков вещества и энергии – атмосферных, склоновых, речных, морских и озерных вдольбереговых, воздействии на миграции животных и т. п.

«Ритмичность» географической оболочки определяет возникновение геоэкологических ситуаций, связанных чаще всего с явлениями малой повторяемости – когда характеристики природных процессов перемещения вещества и энергии выходят за пределы средних показателей и приобретают экстремальные значения: землетрясения высокой балльности, наводнения, штормы, ураганы, засухи и пыльные бури, резкие изменения численности видов, температурные инверсии и смог, грозовые фронты, лавины, сели, быстрые подвижки ледников и другие. Поскольку большинство подобных проявлений имеет вполне определенную территориальную приуроченность, очевидна связь этих ситуаций также и со свойством дискретности. Последнее часто сказывается в появлении ареалов таких проявлений – зоны повышенной сейсмичности, лавиноопасные районы, области муссонного климата с катастрофическими наводнениями и др.

Из всей совокупности геоэкологических ситуаций как имеющие особое значение могут быть выделены природные – как естествен-

ные, так и антропогенно обусловленные – катастрофы, то есть ситуации с наиболее тяжкими последствиями (следует заметить, что есть и другие подходы к определению понятия «катастрофы» – см. гл. 2.4). Не затрагивая проблему определения тяжести этих последствий и, соответственно, критериев отнесения ситуации к катастрофической, отметим лишь, что катастрофы также могут быть разделены на три категории, определяемые преобладающим проявлением свойств географической оболочки. Примерами из первой категории могут быть разрушение неудачно размещенных инженерных сооружений, появление вселенца в биоценозе (гребневик мнемнопсис в Черном море); в принципе, любой случай уничтожения ландшафта – катастрофа того или иного масштаба. Примером катастрофы второй категории может служить загрязнение и эвтрофикация водохранилищ, «красный прилив», кислотные дожди. Особенно многочисленны катастрофы третьей категории, связанные с экстремальными событиями.

Катастрофы второй категории часто развиваются в течение продолжительного времени и не сразу осознаются в качестве таковых. Примером может служить Аральская катастрофа. Следует также отметить, что сложные по структуре геоэкологические ситуации, в том числе катастрофы, – чаще всего обусловлены всеми тремя свойствами географической оболочки, и отнесение их к той или иной категории может быть достаточно условным. Тем не менее, в каждой такой ситуации (катастрофе) можно выделить соответствующие аспекты, определяемые указанными свойствами: примерами являются та же Аральская или Сахельская катастрофы.

Требование полноты анализа диктует необходимость исследования территориальной организации и специфики видов природопользования с позиций социальной и экономической географии; собственно, эта необходимость и определяет изучение проблем природопользования и геоэкологии как область интеграции общественно-научной и естественно-научной ветвей географии.

Представленная выше типология геоэкологических ситуаций определяет методическую последовательность их анализа, который может быть: комплексным региональным, частным – направленным на изучение последствий одного или нескольких видов природопользования; частным – по категориям географических или

геологических объектов: речные русла и бассейны, побережье и береговая зона, тип месторождения и другие. В любом случае требуется определение: вида природопользования и характера воздействия на природную среду; параметров дискретности (выделение компонентов, районов, участков с учетом их измененности); параметров потоков вещества и энергии и характера антропогенного воздействия на них; степени важности проявления периодических и непериодических процессов и явлений; характера влияния изученных факторов на человека, биоту и природный комплекс; общей оценки и прогноза развития геоэкологической ситуации.

Близкий к описанному методический подход был реализован при проведении комплексного регионального геоэкологического анализа побережья Каспийского моря в пределах России. Анализ был выполнен в начале 1990-х годов большим коллективом специалистов под руководством сотрудников кафедры геоморфологии и палеогеографии МГУ для разработки мероприятий по защите территории в условиях быстрого подъема уровня Каспийского моря [8]. Эта работа включала: анализ промышленного и сельскохозяйственного потенциала затопляемой зоны; характеристику компонентов среды (рельеф, литофации, почвенно-растительный покров и др.); районирование; изучение динамики потоков вещества и энергии в береговой зоне, загрязнения, водобалансовые расчеты, климатические и метеорологические показатели; анализ квазиритмических процессов и явлений, прежде всего колебаний уровня Каспия, сгонно-нагонных явлений и штормов; эколого-экономическую и социальную оценку и прогноз ситуации; разработку практических рекомендаций. Таким образом, в указанной работе соблюдено одно из основных требований – комплексность и полнота геоэкологического анализа. Очевидно, что выполнить это требование можно лишь на основе широкого географического подхода – «от геологии до идеологии».

Особо надо отметить, что почти все геоэкологические ситуации являются или геоморфологическими по существу, или имеют геоморфологическую составляющую. Это относится к ситуациям всех трех категорий и особенно касается сложных, часто катастрофических событий (включая практически все упомянутые). Отсюда вытекают особая роль и ответственность специалистов-геоморфологов в анализе геоэкологических проблем.

Вопросы

1. Что такое «экосистема» и в чем ее специфика?
2. Каковы три основных следствия природопользования?
3. В чем состоит главный принцип выделения типов геоэкологических ситуаций?
4. Каковы главные, фундаментальные свойства географической оболочки?
5. Как влияет на характер геоэкологических ситуаций дискретность географической оболочки?
6. В чем выражается целостность географической оболочки и почему это свойство важно для геоэкологии?
7. Каково значение для геоэкологии ритмичности, квазиритмичности и стохастичности природных процессов?

ЛИТЕРАТУРА

1. Горшков С. П. Концептуальные основы геоэкологии. Смоленск: Изд-во Смоленского гуманитарного ун-та, 1998. 448 с.
2. Зворыкин К. В. Географическая концепция природопользования // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1993. № 3. С. 3-16.
3. Исаченко А. Г. Оптимизация природной среды. М.: Мысль, 1980. 264 с.
4. Калесник С. В. Общие географические закономерности Земли. М.: Мысль, 1970. 283 с.
5. Кружалин В. И. Экологическая геоморфология суши. М.: Научный мир, 2001. 175 с.
6. Кружалин В. И., Симонов Ю. Г., Симонова Т. Ю. Человек, общество, рельеф: Основы социально-экономической геоморфологии. М.: Диалог культур, 2004. 120 с.
7. Лосев К. С. Мифы и заблуждения в экологии. М.: Научный мир, 2010. 224 с.
8. Основные положения технико-экономического доклада: Защита народно-хозяйственных объектов и населенных пунктов прибрежной полосы Каспийского моря в пределах Российской Федерации / Отв. ред. П. А. Каплин, Е. И. Игнатов. М.: ЭКОПРОС, 1992. 48 с.

9. Розанов Л. Л. Теоретические основы геотехноморфологии. М.: ИГ АН СССР, 1990. 189 с.
10. Смирнов Л. Е. География и экология // География и современность. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1982. С. 59–74.

1.3. Эколого-геоморфологическое картографирование

Для составления геоморфологических карт при проведении эколого-геоморфологических исследований общепринятых стандартов пока не установлено. И это означает, что каждый исследователь волен использовать любой из тех принципов составления карт, которые существуют в нашей науке. Следует помнить о правиле, которое было удачно сформулировано Н. Н. Баранским. Он еще в 1930-х годах очень точно заметил, что любое географическое исследование начинается с анализа и составления соответствующей карты и заканчивается составлением новой карты, которой завершается научный географический анализ. Многие географы приняли данное утверждение как полезную методическую рекомендацию. В контексте эколого-геоморфологического исследования эти рекомендации Николая Николаевича полезно сохранить. Две карты – и это две разные карты. Теперь я бы сказал, что это могут быть две серии геоморфологических карт. И говорю о сериях потому, что еще полвека тому назад геоморфологам не удалось договориться о единых легендах геоморфологических карт всех масштабов, от крупных до самых мелких. Не удалось, в отличие от геологов, которые договорились о том, что главной из задач, которые решаются данной наукой, является установление возраста горных пород. История их напластований, показанная в цвете на карте, позволяет легко увидеть не только хронологическую структуру геологических событий, но и тектонику. Они допустили лишь одно исключение из такого общего правила – отделили осадочные породы от магматических и метаморфических и показали их цветом (гаммой цветов). Далее они никогда не использовали цвета при разделении пород по возрасту. В геологии достаточно подробно разработаны принципы создания геологических карт, которые составляют для поисков, разведки и добычи полезных ископаемых. Они мало отличаются от геологических карт, которые составляются

при фундаментальных геологических исследованиях, и адресованы специалистам, которые ведут добычу. Те, в свою очередь, имеют соответствующее образование. Язык этих карт – тот естественный язык, который они используют при практической работе.

В 1950-х годах и позже геоморфологи, стремясь договориться о принципах геоморфологического картографирования в сообществе коллег, выдвинули эту проблему – проблему создания единой системы условных обозначений для составления геоморфологических карт, – в качестве фундаментальной проблемы своей науки. Ее решали малыми коллективами, которые пытались объединиться. Преподаватели нашей кафедры стали одним из таких центров «притяжения». Мы должны были сначала договориться между собой. Не договорились. Затем призвали себе на помощь Министерство геологии и добивались, чтобы геоморфологическая карта стала одной из обязательных составных частей Государственной геологической карты. Это открывало нам путь к систематическим геоморфологическим исследованиям территории нашей страны. Но мы тогда не договорились. И единая Общегосударственная геологическая карта (целая серия карт разного содержания) нашей страны стала издаваться в формате, из которого единая геоморфологическая карта была исключена. Была сделана попытка договориться о «единстве взглядов» геоморфологов на содержание геоморфологических карт обзорных масштабов. Это удалось, поскольку из разных стран, сначала Европы, а затем и Евразии, собирались группы единомышленников или людей, склонных к компромиссам, существовавших всегда. Карты вышли в свет, были напечатаны. Кроме того, прошло несколько важных совещаний. Опубликованы итоги дискуссий. Участники дискуссий постепенно осознавали отсутствие реальной перспективы договориться по данному вопросу. Так, например, автор покинул это поле «борьбы мнений». Хотя споры продолжают до сих пор, мелкомасштабные карты пришли в систему высшего геоморфологического образования. Причиной этой, казалось бы, частичной удачи, разделенной с неудачей пополам, является то, что геоморфологи 1950–70-х годов были максималистами, и их желания были принципиально невозможными для практического исполнения. Это было видно уже тогда.

Изучая рельеф земной поверхности, мы договорились о том, что научная характеристика рельефа бывает полной в том случае, если

известны такие его свойства: морфология, морфометрия, происхождение, возраст, современные рельефообразующие процессы, история развития.

Теперь нам, да и практикам тоже, полезно было бы знать еще и будущее рельефа. Соединить все то, что должно стать информацией для ученых и практиков, и показывать на одной карте тогда не удавалось. Каждый специалист, решая задачи, которые тогда удавалось решать, собирал эти знания. И каждому из нас казалось, что то, что он делает, – самое главное и для науки, и для практики. Если сейчас сказать, что мы тогда стремились на одной карте совместно показать комбинации из шести независимых параметров, – значит, ничего не сказать. Были сделаны отчаянные попытки эту задачу все-таки как-то решить, показывая формы рельефа, и их элементы, и их комплексы. Но такие карты мог «прочитать» и, стало быть, использовать в работе только сам составитель. И то не всегда. Именно тогда захотелось оставить такие занятия, как бесперспективные для решения задач прикладного геоморфологического картографирования. Было это еще в середине 1960-х годов, когда в картографию пришли новые технологии – первые, еще несовершенные геоинформационные системы (ГИС).

Теперь геоморфолог, работающий в области решения экологических задач, должен быть знаком с возможностями современной геоинформатики. Вся система организации картографических работ при решении эколого-геоморфологических задач должна быть построена с учетом методологической установки, которую сформулировал Н. Н. Баранский. Для того, чтобы делать эколого-геоморфологические заключения, создавать оценки последствий хозяйственной деятельности человека в той или иной местности и давать рекомендации потребителю информации, необходимо следующее.

1. Знать рельеф той территории, для которой должны быть выработаны практические рекомендации.

В распоряжении специалиста должна быть по возможности наиболее полная информация о рельефе. Ее можно получить, только найдя или составив серию карт о свойствах рельефа. *Геоморфологу, готовящему рекомендации в области экологической геоморфологии, необходим полный комплект карт обо всех свойствах рельефа.* Эта информация собирается **для личного**

пользования специалиста, от которого ожидают рекомендаций. Заказчик же любых прикладных работ может говорить о том, что эта информация ему не нужна. Он не может ее использовать и всегда стремится уменьшить свои затраты за счет ухудшения качества изысканий. *Но знания из воздуха не образуются.* Заказчик об этом должен быть осведомлен. И затраты на получения знаний должны быть. Это соответствует требованиям к первой серии карт, по Н. Н. Баранскому.

2. Чтобы выполнить эколого-геоморфологическое исследование, геоморфолог должен понимать, с какими экологическими проблемами он встретится.

Чтобы получить такую информацию (и снова – в основном, для себя) геоморфолог должен составить карту эколого-геоморфологических обстановок и ситуаций на территорию, которая позволила бы ему составить следующую карту: наиболее вероятных и наиболее опасных геоморфологических ситуаций. Только после этого можно определить – какие из специальных геоморфологических карт могут стать основанием для заключений.

Здесь очень важно получить представление о том, в каких геоморфологических обстановках экологическое состояние изучаемой территории является модальным и насколько возможны отклонения подобных состояний от модальных. Это потребует от специалиста составления геоморфологических прогнозов, теория и принципы которых в нашей науке в общем виде пока еще не приняты. Основания таких прогнозов нужно создавать для каждого отдельного случая. Важно определить, что составляет причины изменения эколого-геоморфологических обстановок и, соответственно, оценить, какие из спектра эколого-геоморфологических ситуаций, свойственных данной эколого-геоморфологической обстановке, могут вызывать опасения. Обычно это бывает с характеристиками геоморфологических систем (эколого-геоморфологических обстановок), которые определяют их разночастотные состояния.

3. Причинами обострения экологического состояния той или иной территории часто являются неизученные явления, которые могут разрушать сложившиеся природно-хозяйственные системы. Теперь чаще встречаются случаи, когда нерациональное использование территорий, главным образом, – превышение экологической емкости ландшафтов, ста-

новится причиной экологического кризиса. Причины катастрофических процессов изучаются по методикам и правилам, которые рекомендуются для проведения фундаментальных геоморфологических исследований (стационарные наблюдения, изучение их историко-генетических предпосылок, мультимасштабный и мультитимементный подход к изучаемым явлениям и др.). Если катастрофические явления имеют природную составляющую, то геоморфологические карты должны быть составлены так, чтобы антропогенно измененный и тем более антропогенно созданный рельеф картографически были представлены таким образом и с теми же подробностями, которые давно стали обычными для специальных геоморфологических карт, где изображен естественный рельеф. На них следует показывать и возраст, и происхождение, и процессы изменений этого рельефа (старение сооружений, их техническая изношенность и различного рода антропогенная «нагруженность» при их эксплуатации, которая может влиять на устойчивость форм, созданных человеком). Такие вопросы в учебных пособиях, описывающих формы рельефа антропогенного происхождения, изучены недостаточно. Здесь важно показывать и подземные преобразования грунтов, не считая их исключительной прерогативой инженеров и геологов. В геоморфологии в этой области есть собственные приоритеты и основания. Геоморфолог не имеет права в исследованиях рельефа городов проходить мимо вибрационных, электромагнитных и иных колебаний, которые составляют экзогенную среду обитания человека в городе и в мире современных преобразований рельефа в результате деятельности человека.

4. Современное общество, наряду с хозяйственно-производственной деятельностью, начинает заботиться и о физическом здоровье человека, и о его духовном состоянии. Общество медленно «поворачивается» лицом к человеку, и у каждой из наук начинает появляться особый взгляд на здоровье и отдых, на культуру и образование. Геоморфологических «наработок» с целью последующего эколого-геоморфологического картографирования в этой области еще немного. Но уже появилась рекреационная геоморфология, на подходе и медицинская геоморфология. Думается, что вот-вот определит предмет своих исследований и эстетическая геоморфология. В каждом из этих новых прикладных направлений нашей науки должна возникнуть часть, которую мы при-

выкли связывать с геоморфологическим картографированием. Вот уже продекларировано существование эстетической геоморфологии. Нужно определить лишь ее предмет, и она непременно получит свое развитие.

Проводя эколого-геоморфологические исследования, специалист не должен забывать, что они одновременно являются и геоморфологическими, и экологическими. Экологический кризис возник как кризис человечества в его отношениях с природой, и он выявил главные особенности нерационального использования человеком ресурсов жизнеобеспечения. Геоморфолог, изучая рельеф, должен исследования строить так, чтобы была выявлена роль человека и его поведения по следующим направлениям:

- эколого-геоморфологические аспекты связей между рельефом и особенностями расселения человека по Земле в связи с кризисными явлениями настоящего времени;
- эколого-геоморфологические связи между рельефом земной поверхности и принципами использования ресурсов жизнеобеспечения и сохранения человеческой цивилизации на земле;
- эколого-геоморфологическое обеспечение всех видов современной деятельности человека.

И всем нам предстоит выбор набора специальных карт, которые позволят корректировать поведение самого человека.

Вопросы

1. *Назовите основные направления эколого-геоморфологических исследований.*
2. *Эколого-геоморфологические обстановки и ситуации как объект эколого-геоморфологических исследований.*
3. *Современное состояние эколого-геоморфологического картографирования.*
4. *Типы геоморфологических карт и пути совершенствования их содержания.*
5. *Пути улучшения системы приемов эколого-геоморфологического картографирования.*

1.4. Экологические аспекты палеогеографии

Главными задачами палеогеографии, предметом изучения которой является развитие географической оболочки, являются: определение происхождения (генезиса) любого предмета или явления в географической оболочке, установление возраста и выявление этапов его развития. Экология в классическом определении (до конца XX века) – это «Состояние организмов, населяющих общую территорию, их отношение друг к другу и к окружающей среде; отсюда *экология леса, экология почвы, экология человека или социальная экология (взаимодействие человека, общества и окружающей среды)*» (Ожегов, Шведова «Толковый словарь русского языка», 1998 г.). Есть и другие определения. Среди многих наиболее четким можно назвать следующее: «экология – это комплексная наука, исследующая среду обитания живых существ, включая человека» (Реймерс, 1990, стр. 592). На основании экологических закономерностей в палеогеографии восстанавливаются природные условия прошлого: экологические знания издавна являлись инструментом в реконструкции природных палеообстановок. Таким образом, в палеогеографии экология как наука в традиционном смысле этого слова играет большую роль и лежит в основе многих аналитических методов палеогеографических исследований.

Однако в современном естествознании приоритетными становятся фундаментальные исследования по разработке проблем рационального использования естественных ресурсов, охраны и улучшения природной среды. Такие исследования называют экологическими, т. е. научное направление «экология» локализуется вокруг возрастающего влияния человеческого общества с его техническим прогрессом на природную среду (Герасимов, 1985). Поэтому более приемлемым становится определение, данное в словаре «Охрана ландшафтов» 1982 г.: «Экология – комплексная наука, синтезирующая все естественно-исторические знания и выводы общественных наук о природе и взаимодействии природы и общества».

Таким образом, мы рассматриваем как вклад палеогеографии в развитие экологии анализ проявления воздействия Человека на развитие географической оболочки как особого существа, в свою

Таблица 1.4.1

Подразделения четвертичного периода в сопоставлении с археологическими подразделениями (по Реймерсу Н. Ф., 1990, с. 96)

Подразделения четвертичного периода		Абсолютный возраст, тыс. лет	Археологические подразделения	
Время голоцена	Климатический период (Европа)		Европа	Ближний Восток
Поздний голоцен	Субатлантический	0	Железный век	
		1		
Средний голоцен	Суббореальный	2,5	Бронзовый век	
		~ 3,5		
ГОЛОЦЕН	Атлантический	6	Неолит	
		7		
Ранний голоцен	Бореальный	7,7	Мезолит	
Палеоголоцен	Субарктический	9,8		
ПЛЕЙСТОЦЕН	Вюрм	10	Ср. пал. палеолит	Каменный век
	Рисс-Вюрм	12		
	Рисс	~ 80		
	Миндель-рисс	~ 100		
	Миндель	~ 120		
	Гюнц-миндель	~ 200		
Эо-плейстоцен	Гюнц	~ 350	Древний (нижний) палеолит	
	Дунай	~ 500		
Неоген		~ 700	Древний (нижний) палеолит	
		~ 1000		
		~ 2000	Древний (нижний) палеолит	
		~ 2600		
		> 3000		

очередь, явившегося продуктом эволюции биосферы. Отмечая своим появлением новый уровень цефализации биосферы, Человек привносит в функционирование не только биосферы, но и всей географической оболочки новые объемы вещества и энергии постепенно, но неизменно. Проследить этот процесс необходимо, начиная с появления Человека, которое приходится на плейстоцен – эпоху Четвертичного периода (квартера), табл. 1.4.1.

В зависимости от степени влияния Человека на природную среду, по мере его развития экологические исследования в палеогеографии подразделяются на **палеоэкологию** и **историческую экологию**. Палеоэкология рассматривает влияние Человека на природу в периоды доисторического его развития и первобытнообщинного строя; историческая экология – соответственно в историческое время. Различаются и методы исследования двух направлений: палеоэкология пользуется археологическими методами получения информации, историческая экология опирается, в основном, на исторические методы, в том числе использует документы, появившиеся вместе с развитием письменности. Поскольку одной из ключевых задач палеогеографии является выяснение происхождения явлений или свойств географической оболочки и установление их возраста, палеоэкология становится приоритетной между указанными двумя направлениями. На некоторых её положениях мы и остановимся.

Палеолит. Эпоха камня в материальной культуре Человека началась 2,6 млн лет назад и подразделяется на палеолит, мезолит и неолит в соответствии с усложнением орудий труда, изготавливаемых из камня, и увеличением их разнообразия. Одновременно расширялось пространство обитания Человека, вышедшего из колыбели – Восточной Африки – и расселившегося за время доисторического развития по всей планете вплоть до околополюсных пространств и высоких гор. В первую очередь, заселялись обычно равнинные территории (говоря о макрорельефе), а на уровне мезорельефа значительную роль играла «защищенность» тех или иных форм рельефа от врага и неблагоприятных природных воздействий (интенсивные осадки, ветры и др.), а также степень подверженности их опасным геоморфологическим процессам (затопление, обрушение и т. п.).

Население земного шара в палеолите было порядка двух-трех миллионов человек (Бондарев, 1998), однако специфика образа жизни, в частности – использование для жизнедеятельности разнообразных материалов, оказывало влияние на природную среду, позволяя выделить антропогенный фактор воздействия уже на самых ранних стадиях становления материальной культуры Человека.

Одним из первых антропогенных факторов стало **использование** огня. Естественный огонь возникает от молний во время гроз – возникают обширные выгорания на больших площадях; при вулканических извержениях также возможны большие выгорания растительности; есть явление самовозгорания органического вещества, но все эти явления отличаются эпизодичностью. Первые следы антропогенного огня обнаружены в Восточной Африке, в Кении, где при изучении стоянки Часоваджа в совместном залегании были найдены каменные орудия и комочки обожженной глины. Поскольку температура обжига по реконструкции гораздо меньше, чем при естественном пожаре, предполагается, что обнаружены следы костра с возрастом около 1,4 млн л. н. (Бондарев, 1998). 400–500 тысячелетней давности костёр обнаружен в карстовой пещере близ Пекина, где обитал синантроп. Многометровая толща золы говорит о длительном поддержании огня и неумении его получать произвольно, но он уже человеком пользовался. Владение огнём – уже чисто человеческое качество, и огонь использовался палеолитическим человеком широко: для устранения препятствий, для борьбы с вредными животными, для создания открытого пространства, для улучшения пастбищ (палы), для обороны и нападения, для ритуальных действий, ради зрелища. С появлением антропогенного огня резко возросла частота пожаров. Оценить степень воздействия их на общий облик географической оболочки трудно, но влияние их на природные процессы на локальном уровне очевидно; возможно, оно могло быть и на региональном уровне. Так, выжигание растительного покрова стимулировало денудацию, особенно на песках, в горах, в зоне многолетней мерзлоты. В результате воздействия пирогенного фактора могли меняться ландшафты за счёт сдвига их границ при выжигании лесной растительности (тундра, саванны). Таким образом, даже при начальном использовании источников энергии Человек, в отличие от животных, вовлекал в кругообо-

рот большую массу вещества, вызывая необратимые изменения в ландшафтной оболочке. Есть предположения, что именно антропогенное воздействие стало причиной безлесья и сдвига южных границ тундра-лесотундра в Северном полушарии. Полагают, что и саванновые ландшафты могут иметь в значительной степени антропогенное происхождение (Бондарев, 1988).

Воздействие на фауну. Увеличение численности людей и расселение их по планете приводило к формированию в ландшафтах новой трофической цепи с «человеческой» спецификой. В среднем палеолите (100–35 тыс. л. н.) появилась специализированная охота на крупных стадных травоядных, которая стала истребительной, и её результаты приводили к неоправданному уничтожению животных. Археологические находки не могут не поражать. В районе Солютре (Франция) археологи прошли шурфом пятиметровую костяную залежь площадью более гектара. Подсчитано, что на этой стоянке погибли более 100 тыс. лошадей. В Донецкой области на месте охоты древнего человека (с. Амвросиевка) встречается много скелетов зубров, находящихся «в анатомическом порядке», т. е. нетронутых. Добыча была чрезмерной, люди не в состоянии были съесть всё мясо. Ценной добычей был мамонт, так как использовался не только в пищу, но и для строительства жилищ и изготовления инструментов, так что он был основой позднепалеолитической «экономики».

В начале голоцена произошло обеднение позднеплейстоценовой фауны, вымерли преимущественно виды, обладающие значительной массой. Ряд авторов считают, что причиной вымирания был человек, поскольку численность его возрастала. Есть предположения о плотности населения в некоторых регионах. Например, на территории Украины – 5–7 чел. на 100 м² (Бибилов, 1969). При такой численности и развитии специализированной охоты истребление мамонта как самого доступного крупного животного, обитавшего, как и человек, в перигляциальной зоне в долинах крупных рек, неизбежно.

Другие связывают быстрое исчезновение многих животных с радикальными изменениями климата и ландшафтов при переходе от позднего плейстоцена к голоцену. Вероятнее всего, природные изменения были ведущими, но антропогенное воздействие убило процесс вымирания. Кризис специализированной охоты охва-

тил территории современных умеренного, субарктического и отчасти субтропического поясов. Реакция человека на сокращение ресурсов дичи была разнообразной. Совершенствовалось оружие и приёмы охоты. В европейских стоянках обнаружены бумеранги, лук, стрелы, копьеметалки, датируемые временем 20–8 тыс. л. н. К этому же времени относится и увеличение интенсивности миграций человека, массовых переселений. Около 25 тыс. л. н. человек по берингийскому континентальному мосту проник в Америку, произошло заселение бассейна Печоры (стоянка Бызовая 18–25 тыс. л. н.), осваивается высокогорье (стоянка Ошхона на Восточном Памире 9,5 тыс. л. н.). Человек занимает практически все широты и поднимается до 4000 м абс. высоты. Такое «сверхраспространение» подтверждает его «непринадлежность» к животным, появление в системе биосферы новой подсистемы.

Таким образом, уже во время эпохи древнего камня – в палеолите, в период присваивающего хозяйства, – антропогенное воздействие на природную среду стало заметным, хотя пока ещё на качественном уровне. Это ещё не мощное всестороннее воздействие, которое можно квалифицировать как геологический фактор. Проявляется оно на локальном уровне, точно, дискретно, однако в этом воздействии – качества, принципиально отличные от природных воздействий на среду. Прежде всего, человек, влияя на одно из звеньев природной среды, преобразует её не только прямым воздействием, но и косвенно, сдвигая природные равновесия пока ещё на локальном, но, возможно, и на региональном уровне.

Неолитическая революция. Кризис охоты на крупных травоядных привёл к переходу от присваивающего хозяйства к производящему. Переход наметился 10 000 л. н. (начало неолита) и произошёл в субтропическом поясе, отчасти – в пределах умеренного и тропического поясов. Охота сменилась животноводством, а собирательство – растениеводством. Доместификация животных и растений – и есть неолитическая революция, поскольку человек теперь не просто пользуется природными дарами, но целенаправленно приступает к переделке природы для своих нужд (новое «человеческое» качество).

Становление животноводства. Есть разные представления о механизме одомашнивания животных. Одно из них таково. Приручение животных происходило в оазисах, преимущественно в суб-

тропическом и тропическом поясах. Аридизация климата в голоцене в Средиземноморье привела к поискам воды как человеком, так и животными. Высокая концентрация тех и других на ограниченной площади привела к привыканию животных и приручению их человеком. Другие представления не связывают такое явление с климатическими условиями. В условиях отсутствия аридизации охотники просто приносили домой маленьких зверят и держали их в загонах для развлечения, а потом поняли, что это – пища. Разумеется, в разных районах одомашнивание происходило в разное время и в разной последовательности. Приводятся наиболее ранние даты (табл. 1.4.2)

Таблица 1.4.2

Хронология одомашнивания некоторых животных и растений (по Б. В. Андрианову, 1978; В. М. Масону, 1980; цитировано по Л. Г. Бондареву, 1988)

Тыс. лет до н. э.	Животные	Растения
14	собака	
10		рис
9	овца, коза	тыква, перец
8		пшеница, ячмень, огурец, слива
7,5	свинья	
7		
6,5	крупный рогатый скот	
6	морская свинка	лён
5		кукуруза, фасоль, бобы
4	одногорбый верблюд	виноградная лоза, просо
3,5	лама, шелкопряд	картофель
3	лошадь, осёл, пчела, кошка, двугорбый верблюд	чай, маслина
2,5	як, утка, водяной буйвол	
2	курица	овёс, рожь
1,5	гусь	соя
1	северный олень	

Становление растениеводства. Специализированное собирательство диких злаков возникло в палеолите, в дальнейшем в мезолите и неолите постепенно происходило культивирование прежде всего злаков, а потом и других растений. Прямое наблюдение показыва-

ло, что отвалы, мусорные скопления близ жилищ активно зарастают, оставалось только засеивать их тем, что нужно, и собирать урожай в определённом месте.

Очаги происхождения культурных растений располагаются в интервале между 20 и 45 градусами с. ш., в местах сочетания ландшафтов широколиственных лесов и открытых остепнённых пространств, где росло много предков культивируемых злаков. В разных районах земли начало культивирования одних и тех же растений сильно различалось. Подавляющая часть культурных растений выращивалась человеком уже на рубеже новой эры. При этом первые очаги земледелия совпадают со следующими центрами происхождения видов культурных растений, выделенными Н. И. Вавиловым (1973).

- Китайский – просо, гаолян, соя, многие корнеплоды, овощи и плодовые.
- Индостанский – рис, сорго, сахарный тростник, баклажан, огурец, кокосовая пальма, многие овощные и плодовые культуры.
- Среднеазиатский – пшеница, рожь, чечевица, лён, конопля, дыня, морковь, многие плодовые.
- Переднеазиатский – пшеница, овёс, ячмень, чечевица, горох, люцерна, клевер, виноградная лоза, груша, инжир, грецкий орех, гранат, миндаль.
- Средиземноморский – пшеница, овёс, ячмень, чечевица, горох, бобы, клевер, маслина, свёкла, капуста, репа, брюква, сельдерей.
- Абиссинский – пшеница, ячмень, сорго, горох, бобы, люпин, кофейное дерево.
- Южноамериканский и центрально-американский – кукуруза, тыква, фасоль, перец стручковый, хлопчатник, томат, какао.
- Южноамериканский – картофель, кукуруза, томат, тыква, табак.

Хронология появления основных древнейших очагов земледелия такова:

10–6 тыс. л. до н. э. – Северо-Западный Таиланд;

8–6 тыс. л. до н. э. – Передняя Азия, Восточное Средиземноморье;

7–6 тыс. л. до н. э. – Индокитай;

6–5 тыс. л. до н. э. – Иран и Средняя Азия;

5–4 тыс. л. до н. э. – долина Нила;

5–3 тыс. л. до н. э. – Индия;

4–1 тыс. л. до н. э. – Индонезия, Китай, Центральная Америка, Перу.

Все эти районы имеют достаточные тепловые ресурсы, но сухие, с дефицитом влаги. В некоторых из них земледелие с самого начала развивалось с использованием искусственного орошения. Впрочем, на интервал времени 8–4 тыс. л. н. приходится атлантический климатический период голоцена, послеледниковый климатический оптимум с более тёплым, чем сейчас, и более влажным, за исключением некоторых районов, климатом, что оказалось благоприятным для становления растениеводства. Именно благодаря теплоте и влажному климату пространство современной пустыни Сахары стало одним из древнейших центров доместификации. Неолитические стоянки обнаружены на территории от Атлантического океана до Красного моря. Во внутренней части Сахары были развиты ландшафты саванн. В сахарских горных массивах древний человек оставил наскальные рисунки с изображением фауны. От более ранних к поздним рисункам прослеживается смена фауны, которая свидетельствует о направленной аридизации территории. Геоморфологические и палеопочвенные материалы позволяют прийти к тем же палеоклиматическим выводам.

Переход от присваивающего хозяйства к производящему, выразившийся, в первую очередь, в процессе доместификации растений и животных, не случайно назвали неолитической революцией. Помимо решения продовольственных проблем для человека, она привела к другим событиям, повлиявшим на биосферу как часть географической оболочки. Человек создал новое звено в растительном и животном мире – одомашненные виды, которые вышли из сферы естественного отбора, т. е. человек повлиял на состав органического мира и на закономерности его развития в биосфере.

Для человека, развития его культуры последствия неолитической революции были значительными. Производящее хозяйство с возникновением прибавочного продукта обеспечило появление излишков пищи, что сделало возможным разделение труда и выделение ремесла. Сформировались осёдлые поселения, с загонами для скота, засеянными полями: всё это удерживало на месте. Демог-

рафические показатели улучшились: уменьшилась детская смертность и увеличилась средняя продолжительность жизни, что способствовало быстрому росту населения. В связи с этим улучшились возможности передачи накопленного опыта, воспринимающие возможности коллективного мозга и возросла его информационная ёмкость (Бондарев, 1998). Последовал стремительный прогресс в природопользовании: рост в разнообразии каменных орудий, появление керамики, долговременные жилища, строительство мегалитов, начало использования металла, ирригации, совершенствование земледелия и животноводства. Создались предпосылки для перехода к ранним цивилизациям и, как следствие, – новый уровень антропогенного воздействия на природу. Поистине, неолитическую революцию можно назвать «первой культурно-технической революцией» в общественном развитии человечества.

Другим неизбежным, может быть, даже менее важным, но более ярким явлением, за которым последовали изменения природной среды явно антропогенные (уже в историческое время), стала промышленная революция в Европе и заселение Северной Америки. Особенно весомым в воздействии на природную среду стало быстрое и прогрессивное увеличение численности населения Земли и вслед за этим – необходимый для существования такого количества людей технический прогресс. Возникли противоречия между способами производства и природной средой, которые проявились в том, что достижения научно-технической революции превратились в средства научно-технического хищничества (табл. 1.4.3).

К настоящему времени такие противоречия привели к необходимости создавать систему противодействия со всеми имеющимися в распоряжении человечества знаниями и средствами.

Таким образом, появление человека и развитие человеческого общества привели к новому состоянию географической оболочки и к новым путям её развития, формирующимся под влиянием осознанных действий общества.

Значение палеогеографических знаний для понимания взаимодействия человека и природы состоит в выявлении естественного фона человеческой деятельности и последующей оценки антропогенного вклада в развитие географической оболочки. Однако экологические знания могут использоваться и для понимания естественных процессов. Так, наблюдения за результатами разруше-

Таблица 1.4.3
Общая схема последовательности стадий общественного развития человека и производительных сил (по К. И. Лукашёву, В. К. Кадацкому, 1978)

		Развитие производительных сил				Способ влияния на природу
Абсолютная хронология	Биологический тип человека	Относительная хронологическая классификация вековых периодов	Способ добывания средств существования и транспорта	Орудия и материалы	Оборудование и процессы	
XX в. н. э.	Разумный человек	Атомный век Век металлов	Высоко развиты: промышленность, сельское хозяйство и транспорт. Социалистическая собственность на средства производства	Крупная машинная промышленность; электротехника. Разнообразные металлические орудия	Сложнейшие агрегаты, многообразные технологические и автоматизированные производственные процессы, электротехника, автоматика, телемеханика	1. Изменение рельефа земной поверхности 2. Изменение климата 3. Изменение и регулирование водного режима территории 4. Изменение климата 5. Изменение организмов
2-е тысячелетие до н. э. – XIX в. н. э.		Век железа Век бронзы	Развитие производства металлов – меди, бронзы, железа; плавка руд. Строительство судов для морских путешествий, парусных лонок, колёсных повозок, каналов, дамб, водных колёс и насосов	Бронзовые и железные орудия, шилы, долота, оружие, доспехи, юбки, паняние, металлические сосуды	Производство кирпича и камня для построек, ступеней, кроватей, глазированных тончайших изделий, стекла и др.	1. Ирригация 2. Увеличение площади сельскохозяйственной земли 3. Строительство каналов и других сооружений

		Развитие производительных сил		Способ влияния на природу	
		Способ добычи сырья и транспорта		Оборудование и процессы	
Относительная хронологическая фиксация вещественных памятников		Способ добычи сырья и транспорта		Оборудование и процессы	
Абсолютная хронология	Биологический тип человека века	Прочная оседлость. Мотыжное земледелие. Первобытное скотоводство. Гончарное производство	Орудия и материалы	Качество, приготовление. Выпечка хлеба. Тростниковые и глиняные хижинки, деревянные постройки. Приготовление налитков. Предметы гончарного производства	Способы влияния на природу
Мезолит и неолит (8-2-е тысячелетия до н.э.)	Разумный человек	Культура каменных орудий	В основном каменные орудия. Грубые плотничные работы. Украшения из природного золота и меди	Умение добывать огонь. Примитивная утварь. Охота сначала на мелких, позднее – на крупных животных	Способы влияния на природу
Палеолит (древний и средний), начало 800 тыс. лет назад	Неандерталец. Гейдельбергский человек, синантроп, питкантроп	Культура каменного века на низкой стадии развития человека	Каменные орудия: ручные орудия; оружие; орудия с рукоятками; топор, молоток, копьё, лук и праща	Прямая зависимость от природы	

ния природных равновесий человеком создаёт образы катастрофических природных процессов. Так что палеогеография и современная экология – науки, соприкасающиеся и обогащающие друг друга.

Вопросы

1. *Классическое определение понятия «экология» (XIX–XX в.) и роль экологических знаний в палеогеографии.*
2. *Палеоэкология и историческая экология. Методы этих двух направлений.*
3. *Использование древнейшим Человеком огня. Влияние антропогенного огня – прямое и косвенное – на природную обстановку.*
4. *Значение неолитической революции в изменении ландшафтной обстановки. Появление нового типа ландшафтов – антропогенного ландшафта.*
5. *Значение палеогеографических знаний для понимания взаимодействия человека и природы.*

ЛИТЕРАТУРА

1. Андрианов Б. В. Земледелие наших предков. М., 1978. 168 с.
2. Бибиков С. Н. Некоторые аспекты палеоэкономического моделирования палеолита // Советская археология. 1969. №4. С. 5–22.
3. Бондарев Л. Г. Палеоэкология и историческая экология: Учеб. пособие. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. 108 с.
4. Вавилов Н. И. Ботанико-географические основы селекции // Избранные сочинения. Генетика и селекция. М., 1973. С. 176–226.
5. Герасимов И. П. Экологические проблемы в прошлой, настоящей и будущей географии мира. М.: Наука, 1985. 247 с.
- а. Лукашёв К. И., Кадацкий В. Б. Развитие биосферы в голоцене (об антропогенном воздействии на природную среду). Минск: Наука и техника, 1978. 178 с.
6. Массон В. М. Формирование раннеклассового общества и вопросы типологии древних цивилизаций // Древний Восток и античный мир. М., 1980. С. 4–16.
7. Реймерс Н. Ф. Природопользование. Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 639 с.

2. КЛЮЧЕВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ГЕОМОРФОЛОГИИ

2.1. Рельеф как важнейшее условие жизни человека

Рельеф – та твердая земная поверхность (на суше), на которой обитает человек. Уже поэтому он является не только важнейшим, но и в буквальном смысле жизненно необходимым условием существования человека. К тому же рельеф – важнейший компонент географической оболочки, базис и поверхность взаимодействия всех других ее компонентов, во многом предопределяющая особенности ее функционирования. Географическая оболочка – среда обитания человека, *географическая среда*, а значит рельеф, вместе со слагающими его породами (морфолитогенная основа), – важнейшая составляющая этой среды. Конкретнее, рельеф является «базовым элементом природы», отвечающим за распределение тепла и влаги на Земле. Рельеф тесно связан с геологическим строением территории, влияет на макро- и микроклимат, поверхностные и подземные воды, почвы, растительность и животный мир, определяя и распределение природных ресурсов (и сам является важнейшим ресурсом), и хозяйственную деятельность человека прямо либо косвенно – через другие компоненты ландшафта.

Данные общие положения проиллюстрируем нижеследующими конкретными тезисами.

1. По точному выражению Ф. Энгельса («Анти-Дюринг»), «человек – продукт природы, развившийся в определенной среде и вместе с ней». Действительно, сам вид «человек разумный» – результат длительной эволюции биосферы, но биосфера развивалась не изолированно, а в определенных условиях изменяющихся земных оболочек, включая литосферу. В частности, эндогенные про-

цессы создали континентальные площади, на которых расселялась биота, вышедшая из океана в палеозойскую эру. Таким образом, в конечном итоге, человек – и продукт развития литосферы и ее поверхности – рельефа.

2. Как показано Ю. Г. Симоновым в главе 1, характер расселения человека в значительной степени коррелирует с особенностями рельефа земной поверхности, в первую очередь – с макрорельефом. Напомним, что более половины населения Земли живет в «прибрежной» полосе океана – на удалении не более 200 км от береговой линии, а 82% человечества обитает вне горных территорий (еще 11% – в пределах низкогорий). Таким образом, 93% человечества обитает на абсолютных высотах до 1 км. Думается, это – убедительное свидетельство роли рельефа в жизни человека.

3. Геоморфологические процессы способны как увеличивать площадь земельных угодий (эндогенные процессы, некоторые виды аккумуляции), так и уничтожать реальные или потенциальные территории заселения человеком либо приводить к ухудшению их качества и выведению их из хозяйственного оборота (быстрые склоновые процессы, сели, эрозия почв, карст и др.).

4. На самых ранних этапах формирования человека рельеф во многом определял пути его расселения и миграций по поверхности нашей планеты. На заре человеческой истории изменения рельефа суши при понижении уровня Мирового океана во время последнего оледенения, обнажение обширных участков шельфа привели к расселению кроманьонцев в Америку, на прилегающие к Евразии острова. (В настоящее же время повышающийся уровень океана может привести к значительному сокращению площадей отдельных государств – Нидерландов, Дании, Бангладеш, Тувалу и пр.). Для крупных формирований – наций, народов, цивилизаций – рельеф сыграл большую роль на стадии их становления. Человек умелый (*Homo Habilis*), как считает большинство исследователей, распространялся из Северо-Восточной Африки и за 2–2,5 млн лет расселился по Африке и Евразии. Однако препятствиями к расселению к северу служили ледниковые покровы, а к югу – пустыни. Таким образом, человек палеолита расселялся по Средиземноморью и Юго-Западной Азии, предпочитая низкогорные и горные местооби-

тания [5]: выбиралось «меньшее из зол». Районы освоения человеком были первоначально приурочены к предгорьям, низкогорьям, часто в карстовых областях. Вероятно, в первую очередь, – потому, что там было много видов, благоприятных для одомашнивания: козы, овцы, туры и пр., и достаточно плодородные, хотя и небольшие по площади, почвы, а также благоприятные условия для создания укрытий от непогоды, хищников, других людей – пещеры, карнизы, гроты (Игнатьевская – в Челябинской области; Капова – в Башкирии; Атапуэрка – в Испании; Монтеспан, Кроманьон – во Франции; и многие другие). Большое разнообразие природных условий и природных ресурсов на границе крупных геоморфологических комплексов способствовало и развитию навыков и языков древнего человека [5]. Ещё одним примером благоприятных для становления цивилизаций форм рельефа являются долины крупных рек (города Междуречья в долинах Тигра и Евфрата, Египетские царства в долине Нила). Причины переселения этносов были разными, рельеф не являлся главным фактором, определившим начальное заселение Земли, однако при адаптации к условиям заселения рельеф, безусловно, уже учитывался людьми. Дальнейшее расселение человека привело к его распространению по всей планете, но долгое время оставались незаселёнными (а сейчас обычно остаются территориями с минимальной плотностью населения) высокогорные области, области современного оледенения, места с активным движением песчаных дюн, крупные болотные комплексы, днища долин крупных рек, страдающих от наводнений, затопляемые побережья морей и др.

5. В более поздние эпохи мегаформы рельефа – горные цепи, крупные речные долины – служили факторами защиты народов от неблагоприятных явлений, нападения соседей, нередко приводя к полной изоляции. Примерами могут служить островные государства, становление, расцвет, и даже исчезновение которых связаны с изолированным положением на островах. Изоляция Японской империи с её самобытным развитием прекратилась только в середине XIX века. Островное положение Великобритании также послужило формированию «британской нации», значительно отличающейся (в том числе – и по менталитету) от населения континентальной Европы. А. А. Крубер [2] обратил внимание, что горный рельеф способствует изолированному и обособленному

развитию народностей, приводя в пример кантоны Швейцарии (около века назад). Можно говорить и о языковом разнообразии народов Кавказа, связанном также с обособленностью различных общин в горах.

6. Современное расселение человека (особенно в сельской местности) в подавляющем большинстве случаев «подстраивается» под геоморфологические условия. С. А. Ковалев и Н. Я. Ковальская (1980) выделяют типы сельских расселений практически в зависимости от генетических типов рельефа (и обусловленной генезисом морфологии, конечно): прибрежно-морского, флювиального и/или тектонического в горах или в степных областях (линейные), ледникового аккумулятивного (хуторской тип расселения), эолового (очаговые поселения у выходов грунтовых вод) и т. д.

7. Анализируя местообитания человека, тип расселения этносов, особенности их коммуникаций и межэтнических связей, нельзя не учитывать влияние рельефа, хотя, без сомнения, первое место отдаётся социально-экономическим законам. Зачастую разные формы играли разные функции в поселении человека. Некоторые формы рельефа в то или иное время использовались как жильё, другие – как естественные преграды или защита от нападения, третьи – для засад, иные – для дорог. Наилучшими местообитаниями обычно являлись долины крупных рек, здесь можно было найти и земли, пригодные для сельскохозяйственной обработки, и места для строительства укреплённых объектов; кроме того, реки являются прекрасными транспортными путями. Так, анализ распределения городищ в бассейне Оки [4] показал, что в VII–XVII вв. поселения возникали, главным образом, в долинах рек (76%), при этом больше на низких террасах (40% поселений) и на бровках коренных берегов (37%). Организацию поселений можно рассмотреть на примере Центральной части Европейской России. А. А. Юшко [7] выделяет поселения мысового типа (на стрелках рек – Москва, Перемышль); прибрежно-овражного типа (фрагменты надпойменной террасы ограничены малыми эрозионными формами – Звенигород, Можайск); перешеечного типа (в речной излучине – Козельск) и др. Функции самих поселений на разных формах и комплексах рельефа тоже зачастую были разными. Для дозорных крепостей необходимы были обособленные денудационные останцы с

доминированием в рельефе, круговым обзором, крутыми, отвесными склонами (замки Словакии – Оравский, Спишский град и др.; серия оборонительных замков Южной Польши – Путь Орлиных Гнёзд и т. п.); прибрежные части коренных склонов долин; высокие террасы на стрелках рек (Московский кремль); подобные местоположения были характерны и для монастырей (Ипатьевский – на стрелке Волги и Кострома, Старо-Голутвинский – на стрелке Оки и Москвы, Отроч – на стрелке Волги и Тверцы), часто выполнявших охранные функции. Для убежищ более привлекательны болотистые участки, а также сильно расчленённые оврагами эрозионные равнины; для центров ремесла и торговли – удобные стрелки рек с плоскими террасами, с хорошим подъездом и др., для мест уединения и молитвы, а также для мест заключения – острова посреди озёр, заливов, морей (Валаам, Соловецкий монастырь, Пор-Бажин, замок Иф).

8. Есть данные о некотором влиянии особенностей рельефа на физиологию человека. Так, А. А. Крубер [2] отмечает, что у жителей высокогорий Тибета, Мексики, Перу наблюдаются мощная грудная клетка и лёгкие, развившиеся в результате естественного отбора. А. А. Крубер отмечает благотворное влияние горного климата для европейских войск в тропических странах (английские войска устраивали лагерные стоянки в горах, управление Индией производилось из горных курортов Дарджилинга). Общеизвестна высокая доля долгожителей среди жителей горных областей. С другой стороны, есть данные об увеличении числа выкидышей у женщин, переселённых в высокогорья, из-за кислородного голодания (см. также гл. 1). Упомянутая выше изоляция народов островных государств или территорий, отделённых высокими горами, приводила к ограничению распространения эпидемий, в ряде случаев инфекционных больных специально изолировали на островах (о. Замогой на Байкале, о. Молокаи в Гавайском архипелаге, о. Спиналога в Средиземном море, например, служили лепрозориями). Определённое влияние рельефа и ландшафта в целом можно наблюдать и на психику человека – разнообразие и однообразие пейзажа могут влиять на развитие монотонии, скуки. Переживание апатии и скуки вызывает уменьшение частоты сердечных сокращений, падение артериального давления и прочие вегетативные

изменения. В ряде исследований, проведенных во Франции и США, было показано, что в условиях езды по однообразным дорогам у водителей возникает сумеречное состояние сознания, снижаются внимание и быстрота реагирования на внешние раздражители, могут возникать галлюцинации.

9. Очевидным представляется влияние геоморфологического фактора на структуру хозяйственных угодий: территорий горной добычи, площадок для строительства и трасс линейных сооружений, ареалов пашни и т. п. Геоморфологические процессы и рельеф влияют на почвообразование, структуру распространения растений и животных и опосредованно – на деятельность человека. Геоморфологические методы активно используются при поиске и разведке полезных ископаемых, поскольку, во-первых, определенные геоморфологические процессы формируют те или иные их месторождения; во-вторых, во многих случаях скопления полезных компонентов проявляются в современных геоморфологических признаках (через тектонические структуры, литологическую неоднородность и др.). Иными словами, история развития и динамика рельефа участвует в формировании минеральных ресурсов, а морфология рельефа способствует обнаружению их скоплений. Рельеф существенно влияет на географическое распространение и качество природных ресурсов (водных, почвенных, лесных) и сам для многих отраслей человеческой деятельности является ресурсом (гидроэнергетика, рекреация, профессиональный спорт и т. п.). Так, например, рельеф оказывается привлекательным либо опасным для различных видов рекреации, предопределяя места выбора активного и созерцательного отдыха, местоположение курортов и привлекательность лечения (Бредихин, 2008). В общем виде (и аргументируя конкретными фактами и примерами) эти зависимости хозяйствования человека от геоморфологических условий высказаны В. И. Кружалиным, Ю. Г. Симоновым и Т. Ю. Симоновой (2004): свойства рельефа оказывают значительное влияние на отношения в системе «природа–общество–человек».

10. Особая роль рельефа проявляется на протяжении всей истории человека и в военном деле (оборонной отрасли) и обслуживающих его отраслях. Грамотное планирование военных операций всегда опиралось на особенности геоморфологической ситуации.

Знание рельефа с ранних времён используется в фортификации, при планировании театров военных действий, при определении тактики и стратегии боя. Однако есть примеры, когда геоморфологические процессы приводили к военным поражениям и исчезновению городов и цивилизаций. Одной из таких цивилизаций является минойская цивилизация на Крите 3–2 вв. до н. э., закат которой связывают с последствиями извержения вулкана Санторин (цунами, землетрясения) в 1628 г. до н.э. Падение ряда древнегреческих городов В. П. Чичагов [4] также объясняет, в том числе, и геоморфологическими причинами. В западной Анатолии развитые города-полисы (Троя, Милет, Эфес) использовали останцы-полуострова в глубине узких бухт в устьях крупных рек (такое удобное в фортификационном отношении строение берега часто использовалось на протяжении истории человечества в разных странах – Севастополь, Маракайбо и др.). Падение Трои В. П. Чичагов связывает с изменением геоморфологических условий в бухте – уровень в заливе понизился, площадь залива уменьшилась, обнажилась морская равнина, со стороны которой и был атакован и захвачен город. Падение значения г. Эфес также связано с историей развития рельефа. Построенный на высоком берегу в удобной глубокой бухте в устье р. Кайстрос, Эфес служил центром торговли, культуры, выполняя одно время функции столицы. На денудационном останце в центре бухты располагался храм Артемиды Эфесской – одно из 7 чудес света. Заполнение бухты аллювием Кайстроса привело к формированию в ней заболоченной равнины, постепенному смещению города из удобной бухты в сторону моря, впоследствии его деградации [4]. В современную эпоху значительную опасность несет возможность тектонических войн.

11. Можно отметить некоторые специфические черты менталитета, психологического типа, характера для ряда этносов, обитающих в разных геоморфологических условиях. Известны особенности прибалтийских сельских жителей, ведущих хуторской образ жизни (основательность, неторопливость), философский «созерцательный» взгляд на бытие обитателей «бесконечных» равнинных аридных пустынь и тундр. Не только характер труда, но и темперамент обычно различаются у жителей низменных равнин и горных территорий. Вместе с тем, вопросы «психологической геоморфологии» (или геоморфологической психологии?) остаются пока практически не исследованными.

12. Взаимосвязи человека и рельефа – чрезвычайно тесные. Человек не только зависит от рельефа, но и преобразует его, создавая антропогенные формы и комплексы. Тем самым человек меняет и условия собственного существования. Приспосабливаясь, человек практически всегда (по крайней мере, в историческое время) видоизменял рельеф – довольно рано стали использоваться террасирование склонов, мелиоративные мероприятия (создание дренажных канав, оросительных каналов), запруды. Рельеф, формирующийся под влиянием деятельности человека, следует двум главным тенденциям [3]: 1) выравниванию (положительные формы срезаются, отрицательные засыпаются); 2) созданию новых антропогенных форм рельефа, частично выполняющих функции естественного рельефа. Выравнивание поверхности, уменьшение глубины и густоты расчленения, упрощение структуры водосборных бассейнов часто меняет соотношение поверхностного и подземного стока, уничтожает естественный почвенный и растительный покров, активизирует суффозионно-карстовые процессы. Искусственный антропогенный рельеф увеличивает шероховатость поверхности, перераспределяет микроклиматические элементы, иногда может изменяться и тектонический режим. Важнейшим способом самосохранения человека и поддержания им благоприятных условий собственного существования является, в частности, и рекультивация земель.

Итак, рельеф не только является основой ландшафтов и географической оболочки в целом: для человека на протяжении всей его истории рельеф служил и служит важнейшим условием существования. Он выполняет функции защиты, перераспределения популяции, является причиной дифференциации форм и специализации хозяйствования, влияет на здоровье, характер, морфологию человека, формирует эстетический взгляд в общей перцепции ландшафта. При этом роль рельефа в жизни человека настолько значительна, что прослеживается на самых разных уровнях объединения – от народов и цивилизаций до отдельных поселений, городских либо сельских, и даже до отдельных особей. Таким образом, экологическая роль рельефа для человека является выдающейся. В этой связи особая миссия выпадает эколого-геоморфологическому направлению геоморфологической науки, которая может и должна глубоко исследовать механизмы воздействия рельефа на челове-

ка и их взаимосвязи в целях оптимизации природопользования («рельефопользования») и устойчивого развития человеческого общества. Это тем более важно, что многие ветви экологической геоморфологии («медицинская геоморфология», «психологическая геоморфология», «мировоззренческая геоморфология», «эстетическая геоморфология» и др.) находятся еще «в начале пути».

Вопросы

1. Поясните следующий тезис: «Роль рельефа в жизни человека прослеживается на самых разных уровнях объединения – от народов и цивилизаций до отдельных поселений».
2. Какой процент населения Земли обитает вне горных территорий?
3. Какой тип расселения (сельского населения) свойственен для ледникового аккумулятивного рельефа (в областях плейстоценовых покровных оледенений) и для эрозионного рельефа в степной зоне?
4. Приведите примеры воздействия рельефа на физиологические особенности и состояние здоровья людей.
5. Приведите примеры, иллюстрирующие роль рельефа как ресурса хозяйственной деятельности человека (для разных ее отраслей).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалев С. А., Ковальская Н. Я. География населения СССР. М.: Изд-во МГУ, 1980. 287 с.
2. Крубер А. А. Общее землеведение. Ч. 3. Био- и антропогеография. М., 1922. 93 с.
3. Кружалин В. И., Симонов Ю. Г., Симонова Т. Ю. Человек, общество, рельеф: Основы социально-экономической геоморфологии. М.: Диалог культур, 2004. 120 с.
4. Очерки по геоморфологии урбосферы. М.: Медиа-ПРЕСС, 2009. 352 с.
5. Социально-экономическая география зарубежного мира / Под ред. В. В. Вольского. М., 1998. 592 с.

6. Энгельс Ф. Антидюринг. // Собрание сочинений Маркса и Энгельса. Изд. 2-е. Т. 20. М.: Госполитиздат, 1978. 488 с.
7. Юшко А. А. Московская земля IX–XIV вв. М.: Наука, 1991. 200 с.

2.2. Геоморфологический анализ путей миграции и аккумуляции загрязняющих веществ

Важнейшей экологической функцией рельефа следует считать то, что именно особенности рельефа земной поверхности определяют и направляют потоки вещества, формируя тем самым области транзита и аккумуляции наносов, в том числе носителей тех или иных видов загрязняющих веществ.

Существует несколько основных научных подходов к оценке миграции радиоактивных и других загрязнений в литопотоках. Одним из них выступает бассейновый подход, так как водотоки – это системообразующие потоки в цепи ландшафтов речной долины. Через движения вещества и энергии они связывают отдельные ландшафты, фации и другие ПТК в единую связанную систему, которая обладает определенной структурой, организацией, типом функционирования и развитием. При использовании бассейнового подхода единицей анализа является водосборный бассейн водотока порядка N. Исследуя структуру и организацию бассейна, можно сделать вполне достоверные выводы о его динамике и развитии, а следовательно, – и об интегральной способности водосборного бассейна накапливать или выносить вещество, и вместе с ним, в частности, – и адсорбированные радионуклиды. При этом подразумевается однородность внутри водосборного бассейна. Однако при более детальном исследовании бассейна можно проводить и дальнейшую дифференциацию по способности накапливать и выносить вещество внутри водосборного бассейна. Такой методический подход (по сути – морфосистемный) вполне себя оправдывает, и его применение целесообразно для оценки миграции радиоактивного загрязнения.

При загрязнении территории радионуклидами последние прямо попадают в водный поток или же опосредованно, выпадая из атмосферы на земную поверхность, а затем, вместе со склоновым стоком достигая русел, попадают в литопотоки. Многие радионуклиды в силу химической структуры интенсивно сорбируются

взвесьями. Например, 70% цезия-137 (одного из главных загрязнителей природной среды техногенного происхождения) из находящегося в водной среде адсорбируется тонкими фракциями: глинами, илами, тонкозернистым песком (Кузнецов, 1997). Адсорбированный цезий-137, «привязанный» к частицам наносов, далее перемещается совместно с тонкими фракциями, подчиняясь законам их миграции в литопотоке. Таким образом, радионуклид становится частью осадка и аккумулируется, переносится и размывается вместе с ним.

Процессы аккумуляции и эрозии во многом определяются рельефом: его морфологическими и морфометрическими характеристиками, особенностями современных геоморфологических процессов, а также слагающими породами. Исследование миграции вещества в литопотоках – одна из основных задач экологической геоморфологии, поэтому геоморфологи могут многое сделать для изучения особенностей миграции радиоактивного загрязнения по территории. Эколого-геоморфологическим анализом можно оценить влияние рельефа и рельефообразующих процессов на миграцию радиоактивного загрязнения. Можно не только оценивать фактическую обстановку миграции радионуклидов в литопотоках, но и прогнозировать расположение мест преобладающей аккумуляции, транзита и выноса радионуклидов, скорости накопления и захоронения радиоактивного загрязнения. Итак, эколого-геоморфологический анализ территории для целей оценки распространения радиоактивных загрязнений – действенный способ оценки миграции радионуклидов в литопотоках, который лежит непосредственно в области интересов прикладной геоморфологии.

Таким образом, эколого-геоморфологический анализ рельефа для целей оценки распространения радиоактивных загрязнений представляет собой оценку влияния рельефа на миграцию радиоактивного загрязнения в литопотоках. Рельеф косвенно влияет и на миграцию радиоактивных веществ посредством других агентов: на атмосферный перенос, на перенос водой, на анадромный перенос (перенос с животными и растениями). Но в случае косвенного влияния рельеф выступает как арена, на которой происходит миграция радиоактивных веществ. Для атмосферного переноса это влияние может выражаться через орографические препятствия, для переноса радиоактивных частиц водой воздей-

ствие рельефа может влиять через уклоны местности, инфильтрационную способность отложений. Для биоты влияние рельефа может выражаться через местообитание видов растений, которые при определенной геохимической обстановке могут аккумулировать в себе радионуклиды, надолго исключая их из потока вещества. Рассмотрим подробнее влияние рельефа, рыхлых отложений и современных геоморфологических процессов на миграцию радионуклидов именно в литопотоках: в данном случае рельеф выступает не только как арена миграции, но и как активный фактор, который влияет на распределение загрязнений по территории, во многом определяя местоположение зон аккумуляции, транзита и выноса загрязнений.

Соответственно, эколого-геоморфологический анализ включает три составляющих: непосредственно сам рельеф земной поверхности (его структура, морфология, геометрия и организация), рыхлые отложения, которыми сложены формы рельефа, и современные геоморфологические процессы. Первое в большей степени является ареной миграции радионуклидов и оказывает свое влияние через уклоны местности, длину склонов, ширину ступеней на ступенчатых поверхностях – т. е. через морфологические и морфометрические признаки. Рыхлые отложения занимают среднее положение по типу влияния на миграцию радионуклидов: они определяют инфильтрацию, непосредственно влияют на современные геоморфологические процессы, способность радионуклидов сорбироваться на частицы. Современные геоморфологические процессы активно влияют на миграцию радионуклидов в литопотоках, именно они во многом определяют места аккумуляции, транзита и выноса отложений, а вместе с ними и радионуклидов. Следует заметить, что все перечисленные факторы представляют собой единую, тесно связанную систему и прямо или косвенно влияют друг на друга. Так, морфометрические и морфологические характеристики проявляются в геоморфологических процессах, литология пород влияет на геометрию рельефа, процессы выветривания оказывают воздействие на литологию пород. И геометрия рельефа, и геоморфологические процессы, и литология пород определяют места транзита, аккумуляции и эрозии, т. е. контролируют возникновение молодых и уничтожение более древних форм рельефа.

Все перечисленные факторы проявляются в свойствах рельефа, при этом имеются в виду те его качества, признаки и способности, которые характеризуют его и составляют отличительную особенность рельефа. Обозначение этих свойств, качественное и количественное их описание позволяют сравнивать рельеф различных территорий, а также искать в них те параметры, которые в явной или неявной форме учитывались и учитываются человеком при создании систем природопользования. Рельеф обладает рядом свойств. К главным из них относятся геометрические, морфологические, физические и географические.

Геометрические свойства. К геометрическим свойствам рельефа относят все свойства, поддающиеся прямым измерениям в природе или по картам: 1) высоты поверхности (абсолютная и относительная); 2) угол наклона; 3) азимут падения и простирания частных поверхностей, которые можно подразделить на наклоненные и горизонтальные; 4) кривизна поверхности (вертикальная, горизонтальная и ряд видов кривизны); 5) симметрия, которую можно охарактеризовать некоторыми показателями.

Морфологические свойства. Разные сочетания геометрических свойств рельефа в пространстве определяют морфологическое многообразие элементов рельефа земной поверхности. Для его описания в силу сложности количественной характеристики морфологии рельефа используют преимущественно качественные характеристики, описывая: 1) типы точек (вершины, истоки, поворотные точки водоразделов, узлы слияния водотоков, их устья, поноры и др.); 2) типы линий (водоразделы, тальвеги, бровки, швы, береговые линии); 3) типы поверхностей (склоны, поверхности речных, озерных и морских террас и т. п.); 4) типы их сочетаний. Для описания морфологических сочетаний, наряду со словесными (вербальными) характеристиками, используют и некоторые количественные меры (морфометрические коэффициенты). Совокупность геометрических и морфологических характеристик неровностей земной поверхности представляет, по существу, описание свойств земного пространства, которые определяют протекание на них процессов и определяют изменения географических систем.

Физические свойства. Выделяя физические свойства, мы стремимся подчеркнуть, что изменения рельефа происходят не только в пространстве, но и во времени. Характеристики изменчи-

вости рельефа во времени обычно связаны с такими понятиями, как масса, скорость, ускорение, работа. Этот тип описания рельефа относится не столько к самому рельефу, сколько к его кинематике и динамике. При изучении физических свойств рельефообразующих процессов, неизбежно подчеркивается «вещественность» рельефа, точнее – вещественность того субстрата, свойства которого определяют многие особенности состояния рельефа и тенденции его изменений. В отличие от геометрических поверхностей, которые принято считать двумерными местами точек (у геометрической поверхности нет толщины, и поэтому она невещественна), поверхность твердой оболочки Земли вещественна (хотя собственно вещественными являются выходящие на эту поверхность горные породы).

Любая физическая поверхность ограничивает некоторое тело или несколько тел, являясь поверхностью их раздела. Нередко сам раздел является не просто их границей. В непосредственной близости от нее можно наблюдать множество изменений в теле, ограниченном этой поверхностью. В приграничном слое (в слое, прилегающем к поверхности, рельеф которой изучается) нередко меняются механические свойства горных пород, и происходит целый комплекс физико-химических и иных явлений. Все эти свойства и явления имеют отношение не к поверхности, не к рельефу, а к приповерхностному слою горных пород. Рельеф же является лишь свойством этой поверхности-границы.

Понятие «рельеф» относится не только к верхнему ограничению горных пород, им обладает и нижнее ограничение тел. Рельефом обладает и нижняя граница воздушных масс, прилегающих к дневной поверхности, то же относится и к нижней границе водных масс. Рельеф нижних границ является «вынужденным», поскольку отрицательные неровности подстилающего их твердого тела принуждают заполнить неровности их поверхности. Однако, если подстилающие породы подвижны, тодвигающаяся жидкость или газ создаст (выработает в горных породах) поверхность, рельеф которой будет отражать особенности взаимодействия двух сред с разными физическими свойствами (плотность, вязкость, внутреннее трение и др.) у поверхности «пограничного слоя». Это свойственно лишь верхней и нижней поверхностям контактирующих тел.

Геометрические свойства поверхности рельефа отражают ход явлений, протекающих не только в недрах Земли и на ее поверхности, они во многом определяют физические и химические условия течения явлений, свойственных приповерхностному слою пород и веществ, находящихся в ином агрегатном состоянии. Из-за особенностей рельефа может меняться скорость перемещения движущегося вещества, его перемешивание, изменяющие его вязкость, а иногда и температуру. Говоря о физических свойствах рельефа земной поверхности, мы обращаем внимание, прежде всего, на энергетические характеристики рельефа, поэтому выделяем свойства рельефа, характеризующие его способность: 1) перераспределять энергию (в том числе – лучистую); 2) определять направления линий тока; 3) разделять среды, находящиеся в разном агрегатном состоянии.

Организация такого геоморфологического пространства может быть представлена в виде речного бассейна. Речной бассейн занимает четко отграниченную часть земной поверхности и имеет систему русел, на которые опирается система склонов. Два типа элементов образуют основу для выделения системы организации бассейна. От водораздела вниз по склону до тальвега, – так организован и самый простой из бассейнов, и самый сложный. Количество тальвегов в бассейне определяет число опирающихся на них склонов. В силу этого можно считать, что *организация тальвегов определяет организацию бассейнов*. У каждого тальвега есть свое начало (исток) и конец (устье), он характеризуется длиной и углом наклона его продольного профиля, – такова геометрия русел.

Вторым и, несомненно, важным элементом в строении речного бассейна являются *склоны*. Склоны начинаются на водоразделах и кончаются на тальвегах. Склоны характеризуются *площадью водосбора, модальной длиной и модальным уклоном*. Таковы геометрические параметры склонов. Закономерности в геометрических особенностях склонов определяют организацию и этих элементов бассейнов.

Закономерности физической организации функционирования бассейнов определяются стоком поверхностных вод и твердым стоком вещества. Растворенная часть вещества стекает вместе с водой, объединяя склоны и русла. Но значительная часть потоков

вещества представляет собой склоновые литопотоки. Склоновые потоки вещества взаимодействуют с русловыми. В руслах формируется сток влекомых и взвешенных наносов. Часть этого вещества возникает при деформациях русла и глубинной эрозии.

В бассейнах выделяются два вида взаимодействий: 1) склоновые водотоки и литопотоки взаимодействуют с русловыми (реже наблюдается взаимодействие склоновых процессов между собой); 2) водотоки, сливаясь, взаимодействуют друг с другом. В обоих случаях в этих взаимодействиях легко выделяются парагенетические связи, в которых верхнее звено определяет поведение нижнего звена, а нижнее звено интегрирует явления, которые происходят в верхних звеньях. В силу этого речные бассейны следует отнести к определенному типу организации природных систем – к каскадным системам-интеграторам. При описании скоординированности явлений, происходящих в бассейне, необходимо учитывать, что при перемещении воды и иного вещества вдоль русла в потоках непременно должно увеличиваться влияние верхнего звена на нижнее, а обратное влияние должно уменьшаться. Это взаимовлияние определяет главные черты бассейновой организации территории. Для относительно просто устроенных бассейнов показателем организации бассейна является соотношение длин и уклонов русел в разных частях речных бассейнов; масштаб явлений определяется площадью водосбора.

Бассейновая организация территории формируется нисходящим потоком воды и рыхлых грунтов, которые образуются на склонах в результате процессов выветривания (или каким-либо иным способом, оказавшиеся на склонах). Легко себе представить, как от водоразделов к ближайшим тальвегам медленно (а иногда и достаточно быстро) спускается чехол рыхлых отложений. В одном случае это оказываются тальвеги временных водотоков, в другом – русла многоводных рек. Исследованиями Ю. Г. Симонова и Т. Ю. Симоновой речных бассейнов в течение 40 лет установлено, что наиболее часто в бассейнах любого порядка встречаются бассейны первого порядка, которые занимают площадь $50 \pm 5\%$ площади водосбора любого порядка. Водосборы русел второго порядка (без учета впадающих в них русел и склонов первого порядка) занимают площадь $25 \pm 5\%$ площади всего водосбора. Далее доля водосборов более крупных порядков идет по убывающей. В любом крупном

бассейне, независимо от его порядка, доля бассейнов третьего порядка падает до $12\pm 5\%$; бассейнов четвертого порядка, соответственно – до $6\pm 5\%$; и т. д. В модальном случае можно считать, что площадь водосбора F_N (где N – его порядок) в крупном бассейне будет принимать значения:

$$F_N = (2^{1-N}) \cdot 100\pm 5\%.$$

Такие количественные отношения свойственны лишь «модальным бассейнам», и поэтому их можно рассматривать в качестве «эталонов» или «норм». Из этого следует вывод – в бассейновой организации территории существует вид отношений, который можно назвать площадной координацией водосборов.

В бассейновой организации территории существует еще три вида количественной координации географического пространства, которые были выявлены еще Р. Хортоном. К ним относятся координация длин, уклонов и числа разнопорядковых русел. Модальные бассейны распространены не очень широко, вероятность их встреч редко превышает 30%. Бассейны со структурой, отличающейся от модальной, встречаются реже; реальные бассейны могут заметно отличаться от модальных. Среди факторов, вызывающих подобные отклонения, ведущая роль принадлежит тектонической трещиноватости, которая во многом определяет места заложения тальвегов, их протяженность и густоту, что оказывает огромное влияние на морфологию речных бассейнов.

Географические свойства. Естественно, что реальный процесс мобилизации потоков вещества, преобразующих рельеф в бассейне, – не просто физический процесс. Это географический процесс. Растительность, почвенный покров и хозяйственная деятельность человека могут затушевывать описанные выше закономерности. Зная их, можно не просто фиксировать современное положение, а сравнивать наблюдаемое с возможным. Это особенно важно знать в областях, где человеческая деятельность нарушает естественное соотношение явлений, созданных природой. Искусственные обстановки (сведение лесов, распашка земель и т. п.) приближают территорию к такому состоянию, в котором будут реализовываться ее «потенциальные» возможности.

Поскольку основным условием наличия бассейновой организации является наличие активного слоя рельефообразования, опре-

деляющего объемы перемещаемых грунтовых масс, то самыми важными для перестроек структуры бассейнов являются процессы, которые определяют их запасы. В областях, длительно развивающихся при преобладании процессов денудации над процессами выветривания, все определяется скоростью и характером последних. Выветривание определяет не только объемы, но и качество материала, который далее будет участвовать в процессах массопереноса. Практика исследований показала, что самое большое значение имеет количество песка. Его отсутствие заметно снижает темпы денудации и аккумуляции. Более крупные фракции обладают меньшей подвижностью. С их преобладанием сокращается скорость изменения структур. При избытке пылеватоглинистых фракций в средних звеньях речных систем ощущается дефицит наносов. В данном случае снова большое значение принимают процессы выветривания. Но и в нижних звеньях речных бассейнов при избытке пылеватоглинистых фракций наносов заметно изменение нормального хода процессов. Достаточно легко перемещаясь с потоком, обломки пород преодолевают большие расстояния в течение одного паводка. Однако глинистые осадки при отсутствии прослоев песка медленно размываются, консервируя перекрытые ими толщи. Скорость процессов выветривания определяется климатическими особенностями территории (соотношением тепла и влаги), свойствами горных пород, определяющими их стойкость к процессам выветривания, обновляемостью экспозиции (т. е. соотношением процессов выветривания и денудации). При этом большое влияние на ход процессов выветривания оказывает и сам рельеф. Здесь уместно вспомнить и о влиянии жизни на ход процессов, а также и о влиянии хозяйственной деятельности человека.

Для возникновения бассейновой организации большое значение имеет рельеф, его происхождение и история развития. Главные черты его изменяются относительно медленно. И именно поэтому рельеф территории создает ряд ограничений для развития речных бассейнов. Несомненно, большое значение для возникновения бассейнов имеют режим выпадения осадков, температурные характеристики климата и др.

Общие черты бассейновой организации территории наиболее полно раскрываются в единстве геометрических и физических начал координации природных систем. Геометрические начала опре-

деляют пространственные переменные, а физические свойства систем позволяют увидеть изменение структур во времени. Элементарной ячейкой бассейновой организации географического пространства является речной бассейн. При изучении территорий по картам различного масштаба можно выявить разные таксономические уровни бассейновой организации территорий. Накладываясь друг на друга, они полно раскрывают отношения между целым и его частями.

Системообразующими в бассейновой организации территории являются потоки воды, влекомых и взвешенных наносов. Для их возникновения необходимы определенные условия, достаточные для зарождения потоков. Накладываясь друг на друга и изменяя параметры, эти потоки взаимодействуют друг с другом и с не организованными в русла потоками вещества, которые к ним спускаются со склонов. Для изучения их взаимоотношений целесообразно их объединить в порядки. Это позволяет одновременно увидеть и иерархию отношений, и типы взаимодействий одно- и разнопорядковых явлений. Ряды таких явлений не эквивалентны друг другу.

Для анализа состояния бассейнов в их функционировании при регулировании степени их организации большое значение имеют показатели распределения «геоморфологической работы» по различным звеньям бассейна (равномерное распределение работы способствует выравниванию продольного профиля). Уменьшение контрастов в узлах сопряжения разнопорядковых русел осуществляется уменьшением уклонов выше расположенных русел и повышением уклонов тех, что расположены ниже. Это направлено на выравнивание процесса нарастания «транзитности материала» в водотоках (с увеличением порядка русла доля местного материала падает). В этом же направлении работает тенденция погашения «возмущающих сигналов» вниз по течению реки.

В системах природы, хозяйства и населения рельеф выполняет определенные функции. Одним из самых важных свойств рельефа является то, что неровности земной поверхности не только отличаются размерами и формой, возрастом и происхождением, но неровности накладываются друг на друга, образуя сложные иерархически соподчиненные геоморфологические системы. Наличие разновозрастных и полигенетических образований примечательно еще и тем, что благодаря силе тяжести и наличию на поверхности

вещества в трех фазовых состояниях отрицательные формы рельефа могут быть «хранилищами воды» и «вместилищами воздушных масс». Последнее не столь очевидно, поскольку мы как наблюдатели находимся на дне «воздушного океана», однако, наблюдая за перемещениями воздушных масс в приземном слое воздуха, не заметить этого невозможно.

Благодаря наличию рельефа на поверхности Земли наблюдаются два основных вида перемещений гравитационных потоков вещества, вертикальное и горизонтальное. Рельеф поверхности координирует соотношение вертикальных и горизонтальных потоков. Наличие рельефа определяет распределение скорости движения вещества по земной поверхности, с которым связаны пространственная дифференциация типов состояний геосистем и их изменчивость.

Главными свойствами, определяющими функции рельефа в природных системах, являются распределение высот, уклонов, длин и экспозиций наклонных поверхностей, глубина и густота расчленения поверхности. Будучи «распределителем потоков вещества и энергии», рельеф организует географическое пространство в территориальные системы. Анализируя свойства рельефа и его функции в природных системах, нельзя не заметить, что сложная природная система состоит из частей, каждая из которых является подсистемой целого. Связи между ними представляют собой одну из форм внутренней организации природных систем.

Рельеф во многом определяет особенности формирования величины и режима стока поверхностных и подземных вод. Самое большое влияние рельеф оказывает на их питание. Определяя климатические особенности территории, в том числе и особенности пространственного распределения атмосферных осадков, рельеф не может не оказывать влияния на питание поверхностных и подземных вод. Главным действующим фактором здесь выступает абсолютная высота положительных форм рельефа. С высотой растет количество осадков. Возвышенности, особенно их наветренные склоны и вершинные поверхности, получают большее количество атмосферных осадков, чем их пониженные части. Для равнинных территорий большое значение имеет и расчлененность рельефа (как одна из характеристик макрошероховатости поверхности). Однако самое большое значение имеют свойства рельефа,

которые определяют соотношение других составляющих водного баланса рек. Расходная часть водного баланса включает, кроме стока поверхностных вод, еще и потери на испарение и фильтрацию. В определении этих трех переменных – стока, фильтрации и испарения, – как известно, большую роль играют углы наклона склонов, их длина и экспозиция. Кроме того, большое значение имеет генетический тип рельефа. В ареалах преимущественного распространения денудационных форм рельефа на поверхность, как правило, выходят коренные породы с низкими значениями коэффициентов фильтрации, и там потери, связанные с фильтрацией вод, незначительны. В областях развития форм аккумулятивного рельефа большое значение имеет состав рыхлых отложений, пространственная дифференциация которых тесно связана с происхождением и эволюцией рельефа. Пористые грунты увеличивают потери поверхностного стока за счет фильтрации.

Если выделять территории с породами, обладающими высокими значениями коэффициентов фильтрации, то пространственные формы их ареалов могут быть обусловлены свойствами коренных пород, обладающими различной прочностью (элювиальные и трансэлювиальные обстановки). В областях активного современного рельефообразования их контуры объясняются различиями морфодинамических условий образования современных осадков. Можно сказать, что на особенности формирования стока поверхностных вод может оказывать влияние не только их морфология и происхождение, но и история развития рельефа. Потери на фильтрацию связаны, прежде всего, с морфологическими особенностями склонов. Сильно расчлененный денудационный рельеф с короткими и крутыми склонами, с выходами на них скальных пород, увеличивает модуль стока и повышает его неравномерность по сезонам.

Сток подземных вод в некотором смысле «зеркален» по отношению к стоку поверхностных вод. Там, где модуль поверхностного стока увеличивается, модуль стока подземных вод может сокращаться. Если где-то растет неравномерность (незарегулированность) стока поверхностных вод, там подземный сток становится более равномерным по времени. Подземные воды занимают большое место в питании многих рек, определяя их состояние в межень и регулируя сток во времени. Кроме того, соотношение под-

земного и поверхностного стока в питании рек может оказать большое влияние на качество поверхностных вод. Пройдя цикл фильтрации, воды становятся чище, понижается их загрязненность, а часто и кислотность.

Рельеф оказывает большое влияние на сток поверхностных вод, определяя его направление. Наряду с ландшафтно-ботаническими территориальными географическими системами, под влиянием рельефа на земной поверхности формируются территориальные системы стока. Системы стока создают особые отношения в сложных географических комплексах, и при решении проблем, связанных с миграцией наносов и загрязняющих их веществ, полезно выделять бассейновые системы. Именно здесь ясно видна системообразующая роль единства рельефа и стока поверхностных вод.

Можно назвать главные свойства рельефа, которые определяют особенности транзита и аккумуляции загрязняющих веществ: 1) абсолютная высота; 2) глубина вертикального расчленения; 3) углы наклона склонов, их длины и экспозиция; 4) горизонтальная расчлененность рельефа территории; 5) ориентировка в пространстве главных орографических элементов рельефа; 6) распределение площадей склонов по азимутам различной экспозиции (солярной, циркуляционной); 7) асимметрия водораздельных пространств; 8) котловинность рельефа; 9) быстро протекающие современные рельефообразующие процессы; 10) тип рельефа, его происхождение и стадия развития.

При решении задач анализа путей миграции и аккумуляции загрязняющих веществ геоморфологу необходимо исходить из следующих основных положений.

1. Рельеф тесно связан с историей накопления рыхлых отложений, так как история развития рельефа и история накопления рыхлого материала протекают одновременно под воздействием одних и тех же факторов. Информация о рельефе может быть получена в результате специального анализа топографических материалов и при проведении геоморфологических исследований, что значительно дешевле инженерно-геологических и гидрогеологических работ. Каждому историко-генетическому геоморфологическому контуру соответствует свой собственный тип разреза рыхлых отложений. Знания о рельефе позволяют более надежно интерпретировать дан-

ные о строении рыхлых толщ, полученные с помощью бурения. Без учета геоморфологических границ интерпретация данных бурения не может быть признана надежной. Следовательно, рельеф следует рассматривать как один из главных индикаторов геологического строения анализируемой территории.

2. Вместе с рыхлыми отложениями рельеф образует морфолитогенную основу или базис современных природных комплексов. Часто при пересечении геоморфологических границ изменяется тип почвенного разреза, тип растительности, условия поверхностного увлажнения. Рельеф во многом определяет свойства микроклимата территории – особенности распределения по пространству атмосферных осадков, снежного покрова, сезонного промерзания почв, температуры воздуха (особенно в ночное время) и другие характеристики погод и климата. В соответствии с рельефом местности осуществляется пространственное перераспределение загрязнений, переносимых поверхностными водами и ветром. Строго в соответствии с рельефом располагаются геохимические барьеры, на которых могут возникать вторичные ареалы мигрирующих загрязнений, в том числе и радиоактивных веществ.

3. Рельеф формирует сток поверхностных вод, во многом определяет его режим, организуя его в речные бассейны. Бассейны построены закономерно, и знание законов их строения облегчает прогнозирование накопления и разубоживания загрязнений на поймах рек и в их руслах. Это позволяет правильно выбрать пункты наблюдения за миграцией загрязнений, места отбора проб и тем самым исключить случайный характер формирования представлений о степени загрязненности территории.

4. С рельефом тесно связано и формирование стока подземных вод. В первую очередь это касается стока внутриводосодержащих вод, верховодки и первого водоносного горизонта (грунтовых вод).

Таким образом, анализ путей миграции и областей накопления загрязняющих веществ есть не что иное, как комплексный геоморфологический анализ территории, основанный на морфосистемном подходе. С учетом важности для жизни человека (и организмов) степени загрязнения территорий подобный анализ является именно эколого-геоморфологическим.

Вопросы

1. *Геоморфологические свойства рельефа и их экологические функции.*
2. *Морфологические свойства и их экологические функции.*
3. *Физические свойства и их экологические функции.*
4. *Рельеф и свойства микроклимата территории.*
5. *Рельеф как основание для выбора сети наблюдений за миграцией загрязнений.*

2.3. Биоэкологические функции рельефа

2.3.1. Взаимосвязи рельефа и организмов как важнейший элемент функционирования биогеоценозов

Уже в самом термине *биогеоценоз*, предложенном В. Н. Сукачевым («совокупность однородных природных элементов на определенном участке поверхности Земли» [8]), заложено отражение основополагающей роли для его функционирования взаимосвязей «рельеф – живые организмы», поскольку выделение собственно биогеоценоза основывается на выявлении «определенного участка земной поверхности», т. е., в первую очередь, определенного геоморфологического объекта. С другой стороны, в биогеоценозе (или более строго в данном случае – в *экосистеме*) роль «субъекта», т. е. центрального «персонажа», по отношению к которому оцениваются воздействия окружающей среды (и обратные связи), отводится биоте (БИОгеоценоз). В сущности, определение биогеоценоза отражает более широко известное положение о морфолитогенной основе ландшафтов (в несколько ином аспекте).

Взаимосвязи в системе «рельеф–биота» реализуются в трех основных направлениях: влияние рельефа (и литогенной основы) на распределение живого вещества, воздействие организмов на рельеф (биогенное рельефообразование) и, наконец, система обратных связей – некое новое качество, производное от двух первых [3].

В данной главе кратко рассматриваются вопросы, связанные с влиянием геоморфологического фактора на биоту, и обратные связи в биогеоценозах, т. е. вопросы биоэкологические.

В природно-территориальных комплексах (ПТК) разных рангов и в географической оболочке в целом рельеф выполняет две важнейшие (в буквальном смысле основополагающие) функции: 1) рельеф – базис, на котором размещаются, существуют и функционируют почти все прочие компоненты ПТК и сами комплексы в целом; 2) рельеф – перераспределитель тепла и влаги, вещества и энергии, что, во многом, и предопределяет характер расселения биоты как важнейшего компонента ПТК (биогеоценоза, экосистемы). Соответственно, рельеф вместе со слагающим его субстратом, и представляет упомянутую выше «морфолитогенную основу» ПТК.

Воздействие рельефа на организмы проявляется в биогеоценозах самых разных рангов – от биосферы в целом до элементарных, уровня фаций или даже их деталей. Наиболее яркий результат такого воздействия – это, безусловно, высотная поясность на суше или глубинная поясность в океане (ее также называют орогенетической зональностью), предопределяемая в первом случае, главным образом, наличием вертикального термического градиента, во втором – изменениями освещенности и температуры с глубиной.

В макромасштабах проявляется и барьерная для воздушных масс роль горных массивов, что опосредованно проявляется и в распределении органического мира, в первую очередь, из-за влажностных различий наветренных и подветренных склонов и прилегающих территорий (классические примеры – западные и восточные склоны Кордильер, Урала, Алтая или даже сравнительно невысокой Ставропольской возвышенности; юго-западные и северо-восточные склоны Гималаев и многие другие). Не менее важны и экспозиционные различия в горных странах в распределении тепла (северная и южная экспозиция) и, соответственно, биоты.

В мезомасштабах геоморфологические особенности нередко тоже проявляются весьма отчетливо (по аналогичному механизму барьерной роли приподнятых участков земной поверхности). Достаточно вспомнить об отличающихся повышенной засушливос-

тью впадинах в горах Южной Сибири – Кузнецкой, Минусинской, Тувинской, днище которых занято, в основном, степями в условиях дефицита влаги (в пределах лесных ареалов). С другой стороны, повышенная влажность климата в Байкальской котловине в том же регионе или, например, распространение ареалов влажных субтропиков с соответствующими изменениями в биомассе и в биоразнообразии тоже обусловлены рельефом – преобразованием регулярных бризов в горно-долинные ветры на наветренных склонах гор.

Гидролого-геоморфологический фактор (отепляющее и увлажняющее воздействие рек в днищах долин) является определяющим и в распространении интразональных типов растительности (галерейные леса, участки тайги в тундровых долинах и т. д.). К этому следует добавить и тот факт, что в переходных природных зонах (лесотундра, лесостепь) во многих случаях переход от одной основной зоны к другой осуществляется вследствие различий растительности на междуречьях и в днищах долин (более теплолюбивая лесная растительность в долинах лесотундры, более влаголюбивая – в степных долинах).

В микромасштабах геоморфологические особенности сказываются в распределении растительного покрова и, зачастую, животного мира через склоновую микрозональность, т. е. «изменение ландшафтных комплексов по элементам склона в равнинных условиях. Генетически это такая же орографическая зональность, как и высотная. Различия между ними проявляются в масштабах и связанных с ними ландшафтных последствиях» [4, с. 248].

Наконец, даже нанорельеф (часто – биогенный) может существенно влиять на дифференциацию фаций и условия в их пределах. По наблюдениям В. А. Николаева и др., на Прикаспийской низменности, перепады высот между сусликовинами и микрозадинами в 0,5 м предопределяют в летние дни разницу в температуре между ними на поверхности до 25⁰, а к весне в западинах увлажненность оказывается в 4 раза меньше, чем на буганах [9].

Природно-территориальные комплексы (ПТК) низких рангов (местности, урочища, фации) приурочены, как правило, к формам рельефа соответствующих масштабов, нередко границы ПТК в значительной мере коррелируются или даже совпадают с геоморфологическими. Это во многих случаях относится и к растительности

(реже к животному миру) как важнейшему компоненту этих ПТК. В качестве примера приведем территорию учебно-научного Сатинского полигона, детально изученного нами в геолого-геоморфологическом отношении, а также сотрудниками географического факультета МГУ – в геоботаническом и ландшафтном отношении. Контуры первичных естественных или вторичных «относительно естественных» растительных комплексов территории весьма близки с границами геоморфологических выделов [6]. При этом, конечно же, дробность растительных разностей значительно выше геоморфологических, что отражает многофакторность распределения, разнообразие и относительную динамичность развития растительных видов. По данным Г. Н. Огуреевой, условно-коренные, редкие в настоящее время дубово-еловые леса приурочены к верхним частям пологих склонов моренной равнины; условно-коренные еловые леса – к плакорам или прибровочным частям придолинных склонов [6]. Слабо сохранившиеся дубовые (теплолюбивые) леса произрастают на склонах южной, редко восточной экспозиции. Овраги и балки резко различаются по специфике растительного покрова вследствие их повышенной увлажненности и затененности (своего рода «интразональность» в миниатюре). Их растительный покров характеризуется неоднородностью и сложностью, повышенной долей влаголюбивых видов. В средних частях оврагов по продольному профилю, где глубина вреза их наибольшая, склоны чаще всего заняты крупнотравными сероольшаниками, а днища – влажнотравными черемухо-ольховыми сообществами с бузиной, малиной, ивами. Вместе с тем, растительные сообщества оврагов весьма разнообразны в зависимости от состава прорезаемых ими горных пород.

Луга встречаются на полигоне, в основном, в пределах долин рек Протвы и Исьмы и малых эрозионных форм (на междуречьях развиты старозалежные луга по опушкам). Суходольные луга формируются в условиях атмосферного увлажнения на междуречных равнинах и террасах, склонах балок, где уровень грунтовых вод лежит глубоко; низинные луга распространены по днищам оврагов и балок, ложбин и по западинам; заливные луга развиты на трех уровнях поймы. На низкой пойме преобладают злаково-осоковые заболоченные луга; на средней пойме – порезникова группа; на высокой пойме – злаковый травостой, много бобовых и разнотрав-

ные виды. Естественно, что разница в растительности пойменных уровней предопределяется разницей в частоте их затопления, т. е. относительной высотой над меженным уровнем, а как следствие – и стадией развития почвенного покрова, а также различиями в геологическом (фациальном) строении разных пойменных уровней. Болота на полигоне приурочены обычно к моренным западинам или озеровидным расширениям ложбин стока талых ледниковых вод, а также к старицам и, местами, к днищам оврагов и балок.

Эти «лежащие на поверхности» (и в прямом, и в переносном смысле) закономерности распределения растительного покрова предопределены, в первую очередь, морфологическими (в том числе морфометрическими) особенностями рельефа – крутизной и экспозицией склонов, глубиной вреза эрозионных форм (а значит – высотой склонов и удаленностью от уровня грунтовых вод), относительными высотами над урезом русел и др. Однако зависимость распределения биоты от рельефа гораздо более разнообразна по проявлениям и связана с самыми разными особенностями рельефа. Как известно, предметом геоморфологической науки являются следующие аспекты исследования рельефа земной поверхности: морфология, генезис, история развития (включая возраст) и современная динамика рельефа. Все эти геоморфологические аспекты прямо или опосредованно проявляются в строении и функционировании биоты.

Генезис и развитие рельефа отражаются не только в его морфологии, но и в геологическом строении, т. е. в строении комплексов горных пород, слагающих формы рельефа. В этом – сущность единого морфолитогенетического процесса. Для аккумулятивных процессов она особенно наглядна: рельефообразующий процесс (эоловый, флювиальный, ледниковый, биогенный и др.) создает одновременно и геологическое тело, и соответствующую ему форму рельефа. Для денудационных процессов (эрозия, выдувание и др., включая и биогенные деструктивные процессы) морфолитогенез проявляется в удалении вещества с тех или иных площадей, с формированием соответствующих денудационных форм рельефа, а в конечном итоге – вскрытии пластов горных пород с определенными свойствами, во многих случаях – и горизонтов подземных вод. Естественно, на различия в геологическом строении территорий (следствии рельефообразующих процессов!) чутко реагируют орга-

низмы. Наибольшее значение имеют такие свойства горных пород, как крупность частиц и, соответственно, пористость (т. е. водоупорность или водопроницаемость), а также их химический состав. Именно эти свойства определяют (наряду, конечно, с зональными климатическими условиями) преобладание влаголюбивых или сухолюбивых видов, а также видов, требующих некоторых химических компонентов в субстрате (карбонаты, хлориды и др.), в частности, галофитов. Водоупорность пород или засоленность грунтов – один из главных факторов существования аazonальных ПТК. Вообще же, как отмечено выше, рельеф и состав субстрата (как отражение процессов рельефообразования геологического прошлого) – морфолитогенная основа ПТК разных рангов и в том числе биоты таких ПТК (т. е. биоценозов).

Возвращаясь к примеру Сатинского полигона в бассейне р. Протвы, отметим следующие его геоботанические особенности [6]. Основной массив осиново-березовых лещиново-широкотравных лесов сосредоточен в пределах озерно-водноледниковой равнины междуречья Протвы и руч. Межиловки на оглеенных дерново-подзолистых почвах. Широколиственные леса встречаются при близком залегании карбонатной днепровской морены, обычно на дерново-карбонатных почвах; дерново-подзолистые почвы на озерно-водноледниковых отложениях с карбонатными прослоями являются подходящим местообитанием для дуба, требовательного к составу субстрата. Широколиственные кленово-липовые леса растут на дерново-слабоподзолистых и дерновых почвах более легкого механического состава, формирующихся на делювиальных суглинках, подстилаемых песками. В целом, на данной территории ясно прослеживается связь широколиственных пород с карбонатными отложениями (в том числе – с карбонатными породами карбона); на господстве той или иной породы сказывается экспозиция: липа или клен тяготеют к склонам северных экспозиций, дуб – южных. Сосновые леса, занимающие всего 0,5% площади лесов полигона, располагаются на террасах Протвы либо на зандре и вдоль Чолоховской балки; их распределение связано с близким залеганием песчаных толщ или линз и дерново-слабоподзолистыми супесчаными почвами. Влаголюбивые сероольшаники характерны для мест с проточным увлажнением в поймах рек, у выходов ключей по нижним частям коренных и террасовых склонов в долинах р. Протвы и

ее притоков, а также для окраин болот. Больше всего сероольшаников приурочено к древним ложбинам стока ледниковых вод, выполненным озерными слоистыми отложениями, к местам с повышенным натежным увлажнением и дерново-подзолистыми глееватыми почвами. О лугах и болотах сказано выше, но следует подчеркнуть, что распределение моренных западин, ложбин стока талых ледниковых вод, где встречаются болота, а также трех уровней поймы и старичных понижений (области распространения соответственно лугов и болот) определяется именно историей развития рельефа. Разный механический состав различных фаций аллювия на уровнях поймы и в старицах – следствие разнообразия динамических условий формирования низкой и высокой поймы, стариц.

Вообще же распределение разных по возрасту, генезису, механическому и химическому составу горных пород на полигоне (как и на любой другой территории) – следствие сложной истории развития рельефа, в случае для бассейна среднего течения р. Протвы – чередования морских трансгрессий и регрессий с врезанием пра-рек в накопившиеся толщи в фанерозое в целом, эпох оледенений и межледниковий в плейстоцене, флювиальных и склоновых процессов четвертичного периода. Значительную роль играла и унаследованность эрозионных форм в разные эпохи, т. е. геоморфологический фактор.

В палеогеографическом аспекте важнейшую роль играет возраст рельефа. Он также отражается в биоценозах, причем не только в самом общем виде (давно или недавно освободившиеся из-под льда или вышедшие на сушу территории и т. п.), но и в деталях. Например, отмеченные выше различия в растительном покрове низинных лугов на уровнях средней и высокой поймы связаны не только с частотой их затопления, но и со степенью развития почвенного покрова, более зрелого на высокой пойме. Еще более яркие отличия в почвенном покрове, а как следствие – и в растительном, наблюдаются у аллювиальных уровней разного возраста, в частности – у поймы и позднеплейстоценовых террас (естественно, наряду с различиями в режиме увлажнения). Любопытной иллюстрацией служат эрозионные останцы 1-й надпойменной террасы в пределах пойменного массива в днище долины р. Исьмы. На фоне пойменных дерновых (или дерново-карбонатных) почв высокой поймы и пойменных перегойно-глеевых в близлежащих стари-

цах слегка приподнятые (на 1–2 м) и незатапливаемые (что играет главную роль в их специфике) останцы 1-й оставковской террасы заняты дерново-слабоподзолистыми (по сути зональными) почвами, а в растительности на фоне низинных лугов поймы и заболоченных стариц – ельниками черничными. Безусловно, помимо меньшего увлажнения, существование данного аномального для днища долины выдела предопределено более древним возрастом этой уцелевшей от размыва поверхности.

Наконец, чрезвычайно важную роль в функционировании биоценозов и биогеоценозов в целом играют современные геоморфологические процессы, в первую очередь – интенсивные. Достаточно сказать, что катастрофические процессы, как эндогенные (вулканизм, землетрясения), так и экзогенные (сели, крупные паводки) или эндо-экзогенные (лавины, обвалы, крупные оползни и др.) могут в принципе уничтожить ПТК низких рангов (фации, урочища), а иногда (вулканизм) и более высоких (местности и ландшафты), включая, конечно, биоту этих ПТК. Катастрофизмы, вместе с тем, являются первоосновой для формирования новых биоценозов и в целом биогеоценозов (классический пример – поствулканическое развитие района вулкана Кракатау), а также сукцессий на «обновленных» территориях.

Однако и не столь резкие изменения в рельефе влияют на заселенность территорий растительностью и животными. Так, на участках интенсивной глубинной и регрессивной эрозии (склоны и стенки вершинных перепадов оврагов, растущих со средней скоростью более 1 м/год) или интенсивной аккумуляции (участки побочной, конусов выноса малых постоянных водотоков) нередко отсутствует растительный покров, что является косвенным признаком высоких скоростей этих геоморфологических процессов, либо распространены немногочисленные экземпляры растений-«пионеров»; в Подмосковье это, например, мать-и-мачеха, которая появляется также на свежих осовах, оползнях и т. п. В зависимости от скоростей даже медленных процессов изменяются и биоморфологические черты растений. Известные примеры – изогнутое строение стволов и корневой системы деревьев, растущих на дефлюкционных склонах, или наклон их («пьяный лес») на оползневых.

Все перечисленные особенности строения и развития рельефа и указанные механизмы его воздействия на фитоценозы и в целом

на биоценозы являются основой для использования косвенного метода изучения и картографирования рельефа – биоиндикационного. Он весьма продуктивен для определения динамичных участков рельефа, возраста террас, генезиса форм (например, сложенных разными породами камов и моренных холмов, морфологически нередко сходных).

Функционирование зооценозов, хотя и в меньшей степени, тоже зависит от строения и развития рельефа – непосредственно или косвенно (в том числе вследствие дифференциации фитоценозов как среды обитания и, в частности, питательных ресурсов для животных). В самых общих чертах эта зависимость проявляется в той же высотной поясности, а также в распространении влаголюбивой и сухолюбивой фауны (азональных ПТК), в приуроченности более густых поселений ряда животных умеренных и полярных широт к склонам южных экспозиций (в Северном полушарии). Существует немало и других примеров. Как и в случае с растительным покровом, ареалы поселений или миграции животных связаны не только с морфологией рельефа, но и с особенностями его истории развития и современной динамики. Сошлемся на личные впечатления. На том же Сатинском полигоне норные жилища относительно крупных млекопитающих (лисицы, барсуки) приурочены, в основном, к мощным толщам позднеднепровских алевроитов – сухого, «теплого» и удобного для «строительства» материала. Само же распространение алевроитов отражает определенный этап развития рельефа – эпоху распространения постледниковых озер, сформированных при таянии днепровского ледника. Другой пример: составленная под руководством Г. С. Афаньева карта-схема встречаемости животных для бассейна верховьев р. Черной Тисы (осевая зона Украинских Карпат) оказалась удивительно сходной по контурам с геологической и геоморфологической картами. Так, косули обитают в большинстве случаев на теплых и выровненных вершинных поверхностях междуречий, медведи – в долинах малых рек, богатых растительной и животной пищей, гадюки – в местах выходов кровли водоупорного нижнемелитового прослоя аргиллитов и, соответственно, грунтовых вод.

При детальном изучении бобровых поселений в бассейне р. Унжи выяснилось, что наиболее благоприятными геоморфоло-

гическими условиями расселения бобров (участки максимальной густоты поселений) являются долины малых рек с корытообразным поперечным профилем (с широким днищем) и малым уклоном продольного профиля, большой извилистостью русел рек [5, 14]. В этих условиях животным оказывается проще создавать крупные водохранилища, необходимые им для жизнедеятельности (размножение, охрана от врагов).

Высокие скорости современных процессов в большинстве случаев действуют на распространение растений и животных сходным образом, хотя и не всегда (так, например, в Подмосковье кроты расселяются и функционируют в весьма разнообразных условиях и довольно часто в вершинах активно растущих свежих врезов, отчасти способствуя их развитию). Естественно, области катастрофических процессов отличаются в целом низкой плотностью поселений животных.

Выше говорилось о тенденциях расселения растительности и животных в естественных условиях. Следует добавить к этому, что антропогенное вмешательство часто подчеркивает эти тенденции. Например, участки распашки или вырубок приурочены к субгоризонтальным или полого наклонным поверхностям, а наименее затронутыми оказываются овраги, моренные западины (в Подмосковье), что четко отличает видовой состав соответствующих им биоценозов от антропогенных.

Обратной стороной взаимосвязей «рельеф–биота» является, соответственно, воздействие организмов на рельеф, или биогенное рельефообразование, широко распространенное как на суше, так и в субаквальных условиях [2, 10, 11 и др.]. Здесь рассмотрим еще отражение взаимовлияния геоморфологического фактора на биоту и биогенного рельефообразования, т. е. систему обратных связей между ними. На наш взгляд, именно эти обратные связи между процессами рельефообразования и жизнедеятельностью организмов являются особенно интересными и функционально важными для ПТК разных рангов. В полузамкнутых системах различных ПТК прослеживаются варианты как саморазвития их вследствие взаимодействия «рельеф–биота–рельеф», так и затухания некоторых процессов, с переходом указанных элементов биогеоценоза в новое состояние. Проиллюстрируем эти положения рядом характерных примеров.

При формировании донного руслового рельефа нередко проявляются процессы саморазвития при взаимодействии речного ложа и аквафлоры. В среднем течении р. Протвы (Сатинский полигон) наблюдения за руслом показали, что на отмелях, сложенных песчаным материалом, активно поселяется ситник (высокорослые водные травянистые растения). Заросли же ситника значительно повышают интенсивность аккумуляции на отмелях. Заселенные ситником отмели и осередки являются зачатками будущих аккумулятивных островов. Анализ аэрофотоснимков за периоды 1970, 1983–86 и 1994 гг. и др. и визуальные впечатления за эти же сроки подтвердили существование такой тенденции. Формирование надводной части осередков приводит к зарастанию фрагментов развивающейся низкой поймы сначала травянистой, а затем и древесной (ветлы) растительностью. Зарастание осередков способствует постепенному переходу их в острова и интенсификации аккумуляции на них наносов при половодьях и паводках.

Не менее наглядно обратные связи проявляются при «инженерной» деятельности бобров. Как уже отмечалось, бобры предпочитают для формирования водохранилищ расширенные участки днищ долин со значительной извилистостью русла, большим количеством стариц. Затопление поймы после создания зоогенных плотин приводит к интенсификации боковой эрозии в русле и дальнейшему расширению днища, причем в сочетании с заложением новых (в том числе собственно «зоогенных») стариц и рукавов. Заметим, что бобры существенно меняют и весь ПТК днища долин и нижних частей долинных склонов, преобразуя во многом растительный покров (поедание, переувлажнение) и повышая глееватость почв [13].

Аналогичный эффект имеют речные заломы. На малых и средних лесных реках интенсивная боковая эрозия способствует заваливанию русел деревьями, что нередко приводит к образованию древесных плотин. В периоды паводков или половодий при «катализирующем» влиянии заломов стрежень русла может смещаться на несколько сот метров для средних рек, подмывая залесенные поверхности надпойменных террас и создавая новые протоки. Боковая эрозия приводит к формированию все новых заломов из взрослых деревьев.

Обратные связи проявляются и в других природных зонах. Весьма примечательно развитие многих аккумулятивных форм в аридном климате (мы наблюдали их, в частности, в семиаридном климате равнинного Дагестана). Характерный пример – динамика параболических дюн. В полупустынях на поперечной песчаной аккумулятивной форме поселяется мелкокустарниковая растительность, преимущественно на периферии, где наиболее близки к поверхности грунтовые воды. Поселение кустарников приводит к затормаживанию перемещения краевых частей формы под воздействием ветра, при этом формируется параболическая дюна, которая в дальнейшем перерождается в шпильковидную, а затем в пару параллельных дюн, на дистальных оконечностях которых поселяется новая растительность. Такой процесс способствует трансформации поперечных к ветру эоловых форм в продольные и в конечном итоге может привести к закреплению значительных массивов песков и ослаблению рельефообразующей деятельности ветра, т. е. к переходу ПТК в новое качество.

Попутно заметим, что разного рода обратные связи между рельефом и биотой весьма четко проявляются и на дне морских акваторий, особенно в береговой зоне и на мелководье [11]. Замечательный пример полузамкнутой системы с наглядно проявляющимися обратными связями между рельефообразованием и биотой представляют, в частности, эстуарии. «Эстуарии – накопители осадков, а осадки представляют потенциальный источник пищи, если они, хотя бы частично, состоят из органического материала...» [12, с. 128]. Последовательные пищевые цепи способствуют развитию разнообразных эстуарийных организмов (водоросли, ракообразные, моллюски, птицы, рыбы, микроорганизмы), жизнедеятельность которых, в свою очередь, нередко приводит к интенсификации биогенного осадконакопления и преобразованию осадков.

Взаимосвязи, включая обратные связи, в зависимости от ранга ПТК проявляются с разным временным шагом – от часов в мелких ПТК (как в примере с заламами) до сотен тысяч лет в ПТК высоких уровней. Такого рода высокоуровневые взаимосвязи отчетливо видны на примере рельефообразования в горных странах. Распространение в горах высотных поясов, не свойственных соответствующим широтам, в ряде случаев приводит к изменениям в тенденциях развития рельефа в определенных высотно-раститель-

ных поясах. В частности, верхняя граница леса, являясь рубежом активизации геоморфологических процессов, способствует замедлению денудации верхних высотных уровней, что, по мнению Г. С. Ананьева [1], составляет одну из причин ярусности рельефа некоторых горных стран.

Можно привести много подобных примеров обратных связей, в том числе и опосредованных связей «рельеф–человек–биота», опять-таки разных масштабов и временных периодов: от вариантов цепей типа «залесенный склон – вырубка, распашка – делювиальный смыв, оврагообразование – аккумуляция в русле – изменение характера растительности в оврагах и на поймах и т. д.» (годы и десятки лет) и до цепей иных уровней типа «накопление органических остатков влаголюбивых растений в палеозое–мезозое – диагенез – формирование залежей углей – карьерная добыча в настоящее время – изменение мезорельефа – формирование искусственных озер – заболачивание – накопление новых органических толщ и т. д.» (от сотен миллионов до первых десятков лет).

Вышеизложенное позволяет, на наш взгляд, утверждать следующее.

1. Рельеф – важнейший компонент формирования биоценозов и биогеоценозов, а также экосистем в целом, предопределяющий, в значительной степени, их географическое распространение, контуры и характер и интенсивность деятельности живых организмов (биоты), как и абиогенных компонентов. При этом следует понимать «рельеф» в широком смысле, включая в данное понятие не только морфологию (что само по себе чрезвычайно важно), но и генезис, возраст, динамику развития.

2. Главные функции рельефа в биогеоценозах – их базис и перераспределение тепла и влаги, вещества и энергии.

3. Существуют тесные и разнонаправленные непосредственные и опосредованные связи между рельефом (и рельефообразованием), с одной стороны, и жизнедеятельностью организмов – с другой. Такие взаимосвязи являются важнейшим механизмом формирования и функционирования экосистем разных рангов. В настоящее время в этих взаимосвязях активное участие принимает человек, подчеркивая или осложняя их в разных ситуациях. Рассмотренная выше зональность биогенного рельефообразования –

одно из ярких проявлений такого рода взаимосвязей на региональном уровне.

4. Взаимодействие между рельефом и биотой лежит в основе биоиндикационного метода, использование которого в геоморфологических исследованиях пока явно недостаточно (Болысов, Польшина, 2001).

Вопросы

1. Назовите основные функции рельефа в ПТК разных рангов.
2. Что такое «орогенетическая зональность»?
3. Приведите примеры воздействия рельефа на структуру и функционирование ПТК разных иерархических уровней.
4. Приведите примеры проявления обратных связей при взаимодействии биоты и рельефа.
5. Каким образом могут проявляться в структуре и функционировании биоты генезис, возраст, современная динамика рельефа?

ЛИТЕРАТУРА

1. Ананьев Г. С. Динамическая геоморфология. Формирование вершинных поверхностей. Учеб. пособие для студентов-геоморфологов геогр. фак. гос. ун-тов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1976. 172 с.
2. Болысов С. И. Биогенное рельефообразование на суше. В 2 т. М.: ГЕОС. Т. 1: Эволюция. 2006. 269 с. Т. 2: Зональность. 2007. 466 с.
3. Болысов С. И. Взаимосвязи рельефа и организмов как важнейший элемент функционирования биогеоценозов // Эколого-геоморфологические исследования. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995. С. 37–60.
4. Болысов С. И., Польшина О. Е. Биоиндикационные методы в геоморфологии // Геоморфология. 2001. №4. С. 46–50.
5. Болысов С. И., Синицын М. Г. Эколого-геоморфологические аспекты функционирования бобровых поселений в южной тайге Европейской части России (бассейн р. Унжи) // Геоморфология на рубеже XXI века. Труды IV Щукинских чтений. – М.: Географический факультет МГУ, 2000. С. 366–370.

6. Комплексная географическая практика в Подмосковье / Под ред. Г. И. Рычагова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980. 210 с.
7. Мильков Ф. Н. Общее землеведение. М.: Высшая школа, 1990. 334 с.
8. Реймерс Н. Ф. Природопользование. Словарь-справочник. М.: Наука, 1990. 639 с.
9. Рычагов Г. И. Общая геоморфология. Учебник. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во Моск. ун-та. 416 с.
10. Сафьянов Г. А. Геоморфология морских берегов. М.: Географический факультет МГУ, 1996. 400 с.
11. Сафьянов Г. А. Геоэкология береговой зоны океана. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2000. 155 с.
12. Сафьянов Г. А. Эстуарии. М.: Мысль, 1987. 187 с.
13. Синицын М. Г. Анализ средообразующей деятельности речного бобра с использованием дистанционных методов: Дис... канд. биол. наук. М.: ИЭМЭЖ, 1994. 176 с.
14. Синицын М. Г., Болысов С. И., Барышева С. И. Комплексная ландшафтно-экологическая оценка местообитаний речного бобра (с использованием дистанционных методов) // Бюлл. Моск. об-ва испытателей природы. Отд. Биол., 1997. Т. 102, вып. 4. С. 16–22.

2.3.2. Геоморфологические основы функционирования геосистемы береговой зоны океана

2.3.2.1. Береговая зона океана как геосистема

Под географической системой (экосистемой) береговой зоны моря понимается упорядоченная общность объектов береговой зоны моря, взаимосвязанных обменом массы и энергии, действующих как единое целое.

Географическая система береговой зоны океана (геосистема = экосистема = морская система = система) включает вещества (неорганические и органические), энергетические источники (процессы), среду существования (климатические, гидрологические, литодинамические, геоморфологические условия, ионные соотношения, температурный, газовый режим и т. п.) и сообщества. Интенсивность процессов, регулирующих обмен, определяется их энергией. Среди них важную роль играют гидрогенные процессы (волнение, приливы, течения), материковый сток, процессы теплообмена, фазовые, химические, биогенные процессы. Колебания поступления энергии от

различных источников формируют многолетние, сезонные, суточные и другие циклы изменения параметров среды существования.

Отражением взаимодействия процессов и веществ за длительные интервалы времени служит возникновение определенных геоморфологических и литологических условий. Вместе с тем геоморфологические и литологические условия являются граничными для действия процессов со сравнительно малым периодом. Они могут также играть роль накопителей энергии. Следует особо подчеркнуть, что к неживым компонентам системы должен быть добавлен рельеф. Необходимость такого дополнения особенно очевидна при рассмотрении системы эстуария – морской системы, имеющей твердые границы.

Разнообразные вещества, процессы, условия существования и сообщества связаны в единую систему реальными взаимодействиями. Однако объединить их не представлялось до недавнего времени возможным из-за глубокой дифференциации знаний и отсутствия общего подхода. К настоящему времени для перехода от различных языков отдельных подсистем к одному общему языку предложен язык энергетических цепей [4]. Его применение становится необходимо там, где нужно в одном методе объединить кинетику, динамику, энергетику, баланс веществ и экономику.

На рис. 2.3.1 показана упрощенная схема поступления энергии от основных источников в морскую систему, границы которой указаны в виде прямоугольника. На схеме использована энергетическая терминология, разработанная Г. Одумом [4].

Полукруглые резервы с конической крышкой отражают фонды энергии и вещества. Обратим внимание на то обстоятельство, что, наряду с видами энергии и фондами веществ, имеется фонд «формы рельефа». Влияние рельефа, будучи связанным с внешними воздействиями, становится в поле силы тяжести источником энергии или ее накопителем, если оно осуществляется внутри системы. Значок в виде полукруглости и вложенных друг в друга пуль означает выживающую структуру. Она соединена стрелками-связями с источниками энергии и веществ. Стрелки обратного направления (от структуры к фондам энергии и веществ) указывают на существование обратной связи, которая наилучшим образом обеспечивает поддержание дополнительного ввода энергии в систему и более эффективное ее использование. В частности, продукция

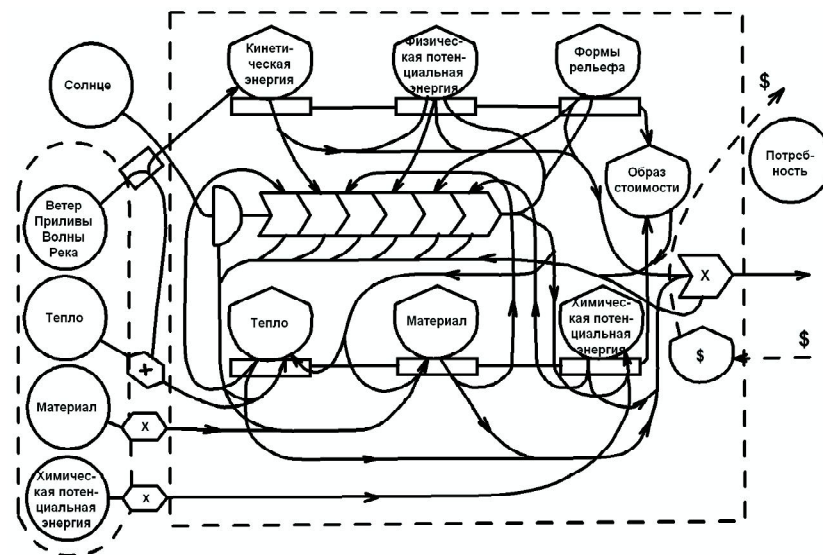


Рис. 2.3.1. Бликсовая форма выживающих систем, полученная из принципа Лотки максимизации энергии с обратной связью для сохраняющейся информации, структуры и фондов. Выделены физическая, химическая, биологическая, геоморфологическая и экономическая секции. Стоимость (знак доллара) образуется в человеческих взаимоотношениях в виде суммы скоростей изменений всех накопителей энергии

выживающей структуры пополняет запасы некоторых материалов и химической потенциальной энергии, изменяет рельеф дна. Эта схема позволяет понять, как формируется «стоимость» продукции системы. Энергия предстает как экологическая валюта.

Одним из важнейших источников энергии системы является лучистая энергия Солнца. Но она также использует дополнительные источники энергии. Среди них наибольшее значение имеют приливы, волны, речной сток, ветер. Кроме того, вследствие притока из других систем могут поступать тепло, разнообразные вещества и химическая потенциальная энергия.

Для максимального использования лучистой энергии Солнца система эстуария обладает набором практически всех продуцентов, которые снабжают энергией наш мир – высших растений маршей, водорослей, фитопланктона и фитобентоса. Эффективность использования солнечной энергии по итоговой вторичной продук-

ции, поступающей с марша, составляет 0,6% от величины притока солнечной энергии. Эта величина на порядок превышает коэффициент использования солнечной энергии для океана (0,05%) и несколько больше, чем средняя величина использования солнечной энергии для суши (около 0,5%).

Модель наглядно показывает сложность соответствующих связей и даже в ее нынешнем виде позволяет прогнозировать возможные изменения в системе в случае антропогенного воздействия на ее отдельные составляющие.

Из модели геосистемы можно усмотреть, что кинетическая энергия участвует в переносе питательных веществ от консументов через водную толщу к продуцентам. Неудивительно, что установлена статистически значимая положительная корреляция для урожая спартины алтернифлора – преобладающего растения маршей атлантического побережья США и высоты приливов (в диапазоне от 0,7 до 2,3 м). Из существования данной зависимости следует, что любое преобразование рельефа дна эстуария, изменяющее высоту прилива или трассы действия приливных течений, самым непосредственным образом отразится на продуктивности системы береговой зоны океана.

Приток пресной воды в эстуарии, лагуны и на открытое побережье сопровождается возникновением градиента концентрации солей, появлением течений и ряда литодинамических последствий. Кроме того, пресная вода как растворитель обладает значительной потенциальной энергией, и качество этой энергии в три раза выше качества энергии ископаемого топлива.

Приток пресной воды управляет экологическими процессами в зоне смешения вод и, в частности, предопределяет высокую биопродуктивность отдельных экосистем. Исследование урожая рыб на единицу площади 20 лагун трех штатов карибского побережья Мексики обнаруживает тесную связь с объемом притока речных вод. На билогарифмической шкале зависимость имеет линейный характер с высоким коэффициентом корреляции – 0,982 (рис. 2.3.2).

Фотосинтез растений, прямо зависящий от интенсивности солнечного света, обнаруживает сильную зависимость от глубины – важнейшего геоморфологического параметра водных экосистем. Она близка к экспоненциальному распределению. На берегах Геб-

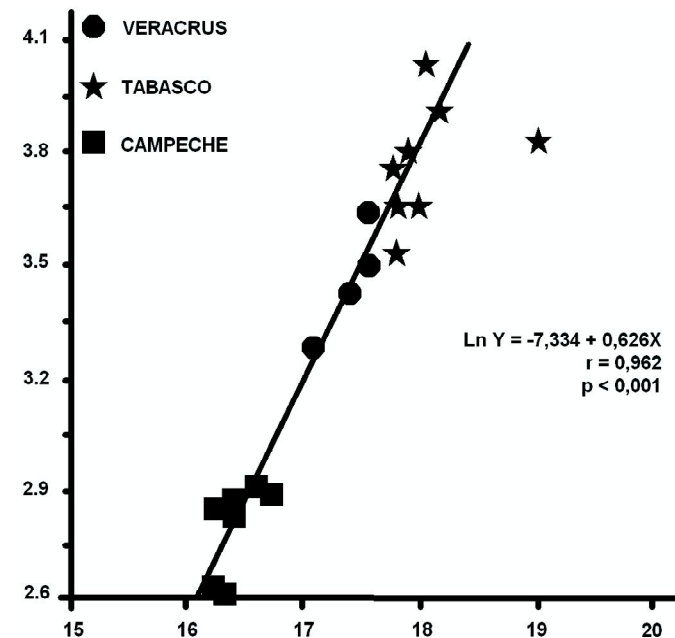


Рис. 2.3.2. Линейная логарифмическая регрессия между урожаем рыбы (тонны) на 1 км² акватории лагуны или эстуария (по вертикали) и средним речным стоком (по горизонтали). Различные значки соответствуют территориям штатов Веракрус, Табаско и Кампече

ридных островов для популяции ламинарии урожай на корню на глубинах от 4 до 24 м уменьшается примерно в 30 раз.

Важная роль микроорганизмов в прибрежных водах отмечена многими исследователями, а Ю. Одум [4] считает микробальную компоненту наиболее существенным предметом в исследовании эстуариев. Среди разнообразных функций микроорганизмов необходимо отметить контроль ими химической среды эстуариев, главную роль в минерализации органического вещества, важнейшую трофическую роль.

Пограничный слой воды и осадков – зона особенно концентрированного распределения микроорганизмов. В лабораторных условиях образцы морской воды инкубировались 5 суток при тем-

пературе 16°C в стеклянных сосудах с различной площадью твердой поверхности [7]. Поразительно, что 40-кратное увеличение площади смоченной твердой поверхности на единицу объема сопровождалось 10-кратным увеличением числа бактерий. Эти экспериментальные данные нами представлены на логарифмической шкале (рис. 2.3.3), и численность бактерий оказалась обратно пропорциональной средней глубине. Несмотря на ограниченность данных, они указывают на фундаментальную и далеко не тривиальную роль геоморфологических условий в бактериальных процессах.

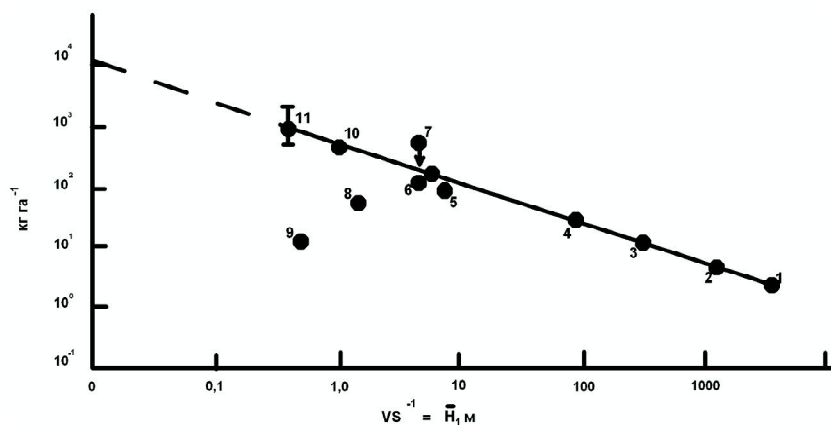


Рис. 2.3.3. Соотношение между числом бактерий (по вертикали) и глубиной (по горизонтали)

Этим примером не исчерпывается биопродукционное значение рельефа дна. На рис. 2.3.4 показана зависимость урожая рыб, выраженная в кг/га в год, от средней глубины бассейна. На билгарифмической шкале она выражается прямой линией. Первая точка соответствует океану в целом, промежуточные точки – морям с условиями, близкими к эстуарийным (Черное, Каспийское, Северное), остальные – эстуариям различных районов мира, последняя точка с максимальной продуктивностью около 1000 кг/га характеризует физически предельную величину урожая рыб в тамбаках (искусственных прудах – миниэстуариях) Индонезии.

Устанавливается значимая корреляция между разнообразием видов макрофауны, а также ее численностью, с одной стороны, и

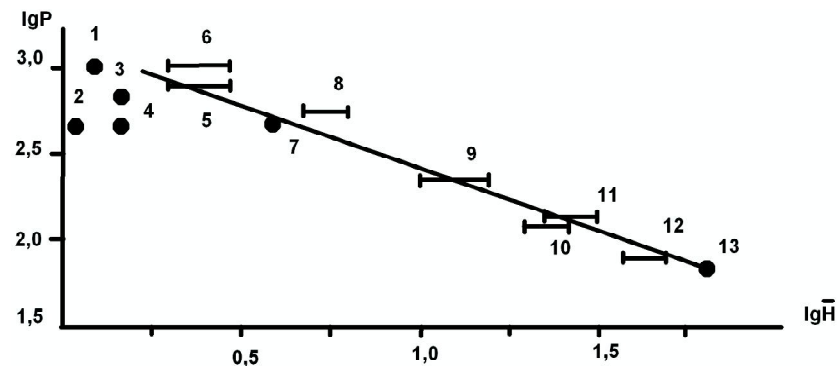


Рис. 2.3.4. Связь урожая рыбы по величине годового улова (кг/га) с соотношением объема эстуариев и солонowodных морей к площади их акваторий, т. е. с их средней глубиной (м): 1 – Мировой океан, 2 – Черное море, 3 – Каспийское море, 4 – Северное море, 5 – Азовское море, 6 – Чесапикский залив, 7 – лагуна Эбрие, 8 – Северный Сиваш, 9 – лагуна Матре, 10 – эстуарий Себин-Лайк, 11 – тамбаки Индонезии

крупностью зерен и уклоном пляжа – с другой (рис. 2.3.5).

Это подтверждает, что не работа волн, а, скорее, величина уклона и крупность песка лимитируют развитие фауны. Вместе с тем экспонированные пляжи с высокой энергией волн часто имеют более обильную фауну, чем менее экспонированные пляжи, когда на последних наносятся крупнозернистые и существуют большие уклоны. Тонкозернистые пески часто являются следствием малых уклонов при интенсивном

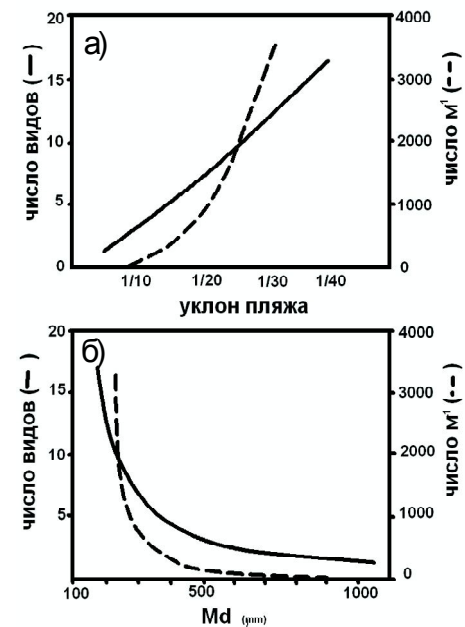


Рис. 2.3.5. Соотношения между разнообразием видов макрофауны и их численностью и уклоном (а) и размером частиц (б) пляжей Южной Африки

действию волн. Выпалаживание уклонов пляжа способствует более равномерному рассеиванию волновой энергии в зоне разрушения и прибоя. Таким образом, сильно экспонированный пляж может содержать богатую макрофауну, если он диссипативный (в противоположность рефлективному). В самом деле, высокая энергия в диссипативных условиях представляется оптимальной для развития обильной биомассы.

Распределение и плотность организмов на пляже связаны со многими факторами. Среди факторов, влияющих на распределение макрофауны, обычно указывают размер песчаных частиц и (или) содержание органики, уклон пляжа, влажность песка, содержание питательных веществ в воде прибоя и динамические изменения, вызванные, например, штормами.

Приводимая ниже табл. 2.3.1 позволяет сделать определенные заключения, касающиеся общего характера зависимостей, связывающих биомассу макрофауны пляжей с энергией падающих на берег волн.

Таблица 2.3.1

Итоги осреднения макрофаунистической плотности и величин сухой биомассы, основанные на исследованиях 105 пляжей (Bally, 1983)

	Высокая энергия	Средняя энергия	Низкая энергия
Число видов	11	17	30
Плотность, м ⁻²	400	752	1710
Плотность, м ⁻¹	20 045	34 571	1 797 867
Биомасса, г · м ⁻²	2,26	1,97	6,23
Биомасса, г · м ⁻¹	871	170	63
Диаметр частиц песка, мк	310	257	238

Видовое разнообразие, плотность организмов и их численность нарастают при снижении энергии волн, воздействующих на пляж, тогда как биомасса макрофауны значительно растет с ростом энергии волн и соответствующим увеличением крупности песчаных частиц. Из этих соотношений следует важный вывод о биопродукционном значении энергии подходящих к берегу волн и о более высокой продуктивности биотопов с большей проточностью вод.

Особое биопродукционное значение имеет рельеф дна для бентоса. По убеждению автора, интенсификация процессов обмена, одним из приемов которой служит увеличение поверхности границ вода–дно, служит средством увеличения продуктивности.

Зависимость биомассы донной фауны от глубины выявлена статистической обработкой картометрических материалов [2, 3]. В частности, для шельфа Тихого океана коэффициент корреляции биомассы бентоса и глубины имел весьма высокое значение – 0,923. Нами предпринята попытка анализа зависимости некоторых важных биопродукционных показателей донных животных от глубины на основе данных многолетних исследований биоценозов губы Чупа Белого моря [1]. Исследования охватывали литораль и подводный склон до глубин 62–65 м. В этом районе также выявляется зависимость биопродукционных показателей от глубины. Некоторые отклонения экспериментальных точек в области малых глубин можно считать вполне укладывающимися в разнообразие геоморфологических условий зоны осушки; кроме того, на величине биопродукции сказываются стрессовые условия вблизи уреза из-за сезонного наличия ледового покрова и периодического возникновения отрицательной температуры.

Хотя физическая среда определяет скорость изменения и часто устанавливает пределы, достигаемые сообществом в процессе развития, в ходе развития сообщество меняет физические характеристики среды, среда контролируется сообществом [6]. В итоге развития формируется стабилизированная система, в которой на единицу поступающей энергии обеспечивается максимальная биомасса (или высокое содержание информации) и наибольшее число связей между организмами. Максимизация потребления энергии обеспечивается условиями системы. Если физическая среда не экстремально резко изменяет параметры, если довольно велик поток энергии, если он превышает цену существования («прожиточный минимум»), а генетическая информация оказывается пригодной, остающиеся потоки энергии могут быть использованы для создания системы комплексного взаимодействия между организмами, существенно специализированными по их функциям, поведению, окраске, форме и т. д. Если система развивается в условиях длительного постоянства физических условий, она достигает фантастического разнообразия, которым характеризуется, например, экосистема коралловых рифов.

Повышение уровня разнообразия улучшает использование энергии, но для поддержания самого разнообразия требуются дополнительные затраты энергии. Движущая сила такого изменения системы – увеличение эффективности ее работы в целях конкуренции с другими альтернативными системами.

Признаком развития и жизнеспособности системы является эффективное использование всех элементов структуры на пополнение энергии, поддержание энергетического базиса.

Таким образом, видовое разнообразие становится важным признаком структурной сложности системы, а также показателем соотношений энергетических затрат на поддержание жизни и на комплексную организацию. В сообществах, находящихся в условиях стрессовых ситуаций, вызванных резкими колебаниями физических или химических характеристик среды обитания, разнообразие видов обычно бывает невысоким. Примером могут служить сообщества бореальных эстуариев. Суровые условия среды вызываются не только ледовым режимом или чрезмерно низкой температурой. В некоторых заливах Техаса (США) они обусловлены резкими колебаниями суточных температур (перегревом), дефицитом кислорода, неблагоприятными ионными соотношениями или высокой соленостью вод. Уменьшение видового разнообразия может быть вызвано антропогенным загрязнением. Другие воздействия на систему, например, сбор урожая, снижают общий уровень организации системы, что проявляется также в снижении разнообразия видов. Теоретической основой для проведения антропогенных преобразований в береговой зоне моря в настоящее время служит представление о зависимости баланса наносов в ее пределах от соотношения интенсивности их поступления и потерь, то есть от чисто физических явлений, связанных с переносом твердого вещества. Такой подход, будучи верным по существу, уже не отвечает уровню современных знаний о взаимодействии компонентов географической системы береговой зоны моря. Особенно наглядно его ограниченность проявляется при попытках решения, например, берегоукрепительных проблем на берегах с доминированием внутрисистемного (биогенного) питания наносами.

Единственным средством избежать в будущем значительных и неэффективных затрат является переход к новой концепции преобразовательской деятельности человека на берегах, принципиальной осно-

вой которой должно быть отношение к береговой зоне моря как к сфере многоцелевого использования, а в центре внимания должна находиться геосистема береговой зоны моря, организованная в интересах максимизации использования энергии, поступающей из многих источников. Именно интересы природной системы, а не узко понимаемые «интересы человека», должны быть поставлены в основу новой концепции взаимодействия человека с береговой средой океана.

Вопросы

1. Какова роль рельефа в формировании биопродуктивности геосистем береговой зоны океана?
2. Чем определяется видовое разнообразие геосистем береговой зоны океана?
3. Каково влияние гранулометрического состава наносов на биотопы береговой зоны океана?
4. Чем определяется биопродуктивность различных биотопов береговой зоны океана?
5. Береговая среда и человек – проблемы взаимодействия.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Голиков А. М., Скарлато О. А., Гальцова В. В., Мениуткина Т. В. Экосистемы губы Чупа и их сезонная динамика // Тр. Зоол. ин-та. Исследования фауны морей. Л., 1985.
2. Лукьянова Т. С. Оценка биомассы донной фауны в вертикальных зонах океана // Вестн. Моск. ун-та, сер. Геогр., 1975. №1.
3. Лукьянова Т. С. Применение методов математической статистики при исследовании влияния различных факторов на распределение биомассы донной фауны в океане // Вестн. Моск. ун-та, сер. Геогр., 1978. № 2.
4. Одум Г. Описание морских экосистем в виде диаграмм энергетических цепей // Моделирование морских систем. Л., 1978.
5. Bally R. Factors affecting the distribution of organisms in the intertidal zones of sandy beaches // Sandy beaches as ecosystem, 1983.
6. Odum H. T. Biological circuits and the marine system of Texas. Pollution and marine ecology / Eds. T.A. Olson a. F. J. Burgess. New York etc., 1967.
7. Zobell C. E., Allen E. C. Attachment of bacteria to submerged slides // Proc. Exptl. Biol. Med., 1935. Vol. 30.

2.4. Катастрофические и неблагоприятные геоморфологические процессы

2.4.1. Катастрофические геоморфологические процессы

2.4.1.1. Вводная часть

Существует тенденция рассматривать многие природные процессы как медленно и регулярно протекающие (что приводит к использованию средних величин денудации и аккумуляции обломочного материала) и именно с ними связывать темпы и направленность развития рельефа. Сведения о быстрых процессах рельефообразования воспринимаются как упоминания о «нетипичных» явлениях, или даже аномальных в общей картине развития рельефа. Сложилось также мнение, что катастрофические явления могут быть лишь в населенных областях, причем только при определенных величинах ущерба. На самом же деле уничтожение растительности, рельефа, животного мира, вод, атмосферы – такие же катастрофы, хотя иногда и без человеческих жертв. Они происходили на Земле задолго до появления человека и происходят сейчас. Вмешательство человека в напряженное состояние земной поверхности лишь усугубляет эту проблему.

На XXIII Международном географическом конгрессе Р. Кейтс из США определил ежегодный ущерб от стихийных бедствий в мире в 30 млрд долларов, а число жертв – в сотни тысяч человек.

Активное вмешательство человека в развитие природы существенно увеличивает интенсивность природных процессов. Например, в Японии урбанизация привела к увеличению таких природных катастроф, как обвалы, оползни, сели и пр. В настоящее время там ежегодно происходит около 600 природных катастроф: из них обвалов – 73%, селей – 15%, оползней – 12%. При этом выявлено почти 140 тыс. потенциально опасных участков.

С эволюционным ходом развития рельефа нас знакомит динамическая геоморфология. Принцип постепенности изменения в природе обосновал еще Чарльз Ляйелль (1797–1875). Эволюция, по его мнению, характеризуется единообразием законов, процессов, условий, скоростей изменения. Но только эволюционным развитием невозможно, например, объяснить появление гигантских эрозион-

ных форм, скэйблендов, гигантской ряби, возникших в результате прорывного паводка из плейстоценового озера Миссула (США). Эти формы возникли при расходах воды не менее $20 \times 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$. Такие потоки могли переносить глыбы поперечником в 10–12 м. В этом случае обращает на себя внимание необычная скорость потоков – около 40–50 м/с. При их наличии в механизме появляется процесс кавитации*. Последний обычно возникает уже при скоростях потока в 15–20 м/с. Все это не укладывается в представления об эволюционирующих геоморфологических процессах.

До сих пор в отечественной и зарубежной литературе встречаются самые разнообразные термины, обозначающие природные катастрофические явления. К общим среди них относятся *стихийные бедствия, природные катастрофы, опасные процессы, природная опасность*; к частным – *катастрофические наводнения, экстремальные дожди, катастрофическая волновая эрозия*, и др. Наиболее сложным для использования оказался смысл самого понятия «катастрофа». Исследователи этой проблемы пока расходятся в определении этого термина. Между тем, это далеко не академический вопрос, поскольку в ряде зарубежных стран с ним связываются размеры федеральной помощи пострадавшему району.

Существует два основных подхода к определению «катастрофы». Первый – экстремальное событие (природное, техногенное или природно-техногенное), приведшее к человеческим жертвам и/или значительному экономическому ущербу либо (как вариант) к массовому вымиранию биоты. В этом толковании слова «катастрофа» несет, в первую очередь, социальный (либо биологический) смысл.

В физическом же смысле «катастрофа» – событие (или этап, завершающийся событием) в развитии процесса (комплекса процессов), которое переводит его ход (систему, где действуют такие процессы) в новое состояние, в котором этот процесс (процессы) развиваются по иному сценарию (в иных условиях, иной направленности, характера, механизма, интенсивности).

* Кавитация – явление местного парообразования, возникающее в движущейся с большой скоростью жидкости по поверхности твердого тела. В физическом отношении кавитация представляет разрыв сплошности потока жидкости с образованием в нем пустоты, в которую выделяются пузырьки насыщенного пара и газов [1].

Во многих случаях такого рода катастрофы приводят и к жертвам, и к ущербу (но далеко не всегда), и тогда два толкования «сливаются» в одно. Это в значительной степени касается геоморфологических катастроф.

2.4.1.2. Основные направления в исследованиях катастрофических процессов

История изучения природных катастроф берет начало, вероятно, в VIII–X вв., когда в летописях стали отмечаться необычные явления. Как научная концепция эта проблема сформировалась в XVIII–XIX вв. и связана с именами П. Палласа, Л. Буха, А. Гумбольдта, Ж. Кювье, И. Канта [1]. Л. Бух и А. Гумбольдт в конце XVIII в. пришли к выводу, что в истории Земли существовали эпохи вулканических катастроф, когда в течение непродолжительного времени возникали целые системы горных хребтов и вулканические области. Эти же процессы вызывали трансгрессии морей. Эпохи глобальных катастроф сменялись эпохами покоя, одну из которых Земля переживает сейчас. Л. Бух в 1809 г. выступил с теорией образования гор, объясняющей происхождение последних быстрым подъемом магмы, с последующим разрушением вершинной области гор.

В 1754 г. И. Кант высказал важную для понимания развития рельефа мысль о том, что малозаметные явления и процессы (в том числе денудационные), накапливая во времени и увеличивая, как мы сейчас говорим, напряженность процессов, приводят к грандиозным переворотам и изменениям в рельефе.

При изучении ископаемых организмов Ж. Кювье высказал предположение, что их смена во времени происходила путем массового исчезновения прежних фаун и флор и появления на их месте новых. Ж. Кювье предложил концепцию о геологических переворотах или «революциях», которые он объяснял катастрофами на поверхности Земли, наступавшими внезапно.

Наиболее общей причиной природных катастроф Эли де Бомон (труд «Заметки о горных системах» (фр. *Notices sur les systèmes des montagnes*, 3 vols.), изданном в 1852 г.) считал медленные процессы охлаждения и сжатия Земли, которые, достигнув определенного уровня, получали «мгновенную» разрядку. Близких взглядов уже в начале XX в. придерживался Ганс Штилле.

Катастрофизму начала XIX в., с его прерывистым «революционным» ходом изменения земной поверхности, был противопоставлен принцип униформизма, утверждавший медленный, непрерывный (по Ч. Ляйеллю) и единообразный ход этих изменений. Ни то, ни другое не отражало суть развития рельефа. Исследование роли катастрофических процессов в рельефообразовании Земли вообще оказалось довольно слабым. Основные работы велись в геологическом и биологическом направлениях. Тем не менее, и здесь нередко звучали упреки в «неокатастрофизме», якобы противоречащем эволюционному пути развития геологических процессов. В литературе иногда можно встретить и определение концепции катастрофизма как реакционного направления в науке. К счастью, последнее исчезло в последние 20 лет, когда появились разработки в оценке стихийных бедствий, их прогнозирования, и т. п.

Недостаток знаний о причинах природных катастроф нередко приводил исследователей к выводам о существовании в прошлом всемирного потопа (П. Паллас, работы XVIII в.) – гигантской волны, возникшей при образовании вулканов в Индийском океане, пересекшей весь азиатский материк с юга на север, и к другим нелепым предположениям.

Для исследователей природных катастроф безусловный интерес представляет книга Е. П. Борисенкова и В. М. Пасецкого «Тысячелетняя летопись необычайных явлений природы», вышедшая в 1988 г. На основе анализа древнерусских летописей и наблюдений в период с X по XIX вв. авторы рассмотрели проблемы изменения климата, стихийные бедствия, происходившие как в России, так и в Европе. Книга содержит огромный фактический материал о землетрясениях, засухах, наводнениях, смерчах, нашествиях саранчи, сильных морозах, пожарах, и др. Подробный анализ стихийных бедствий, упомянутых авторами, позволяет по-иному оценить возможности проявления землетрясений в равнинных частях России, определить повторяемость многих из геоморфологических процессов.

Математический анализ закономерностей проявления редких и неожиданных событий привел к появлению в первой половине XX в. *теории катастроф* (работы Р. Тома, Дж. Гукенхаймера, К. Зимана, В. Арнольда, и др.). Её основные положения рассмотрены В. И. Арнольдом, 1990 [2], в книге которого, помимо математического обоснования, можно найти хороший обзор литературы по проблеме.

В этой теории катастрофами называют скачкообразные изменения, возникающие в виде внезапного ответа системы на плавное изменение внешних условий. Плавное изменение внешних условий существования системы связано с несколькими компонентами системы, объединяющими ее энергию и управляющие факторы. Наиболее существенным среди влияния этих компонентов является момент слияния устойчивого режима системы с ее неустойчивым равновесием, в результате чего система должна совершить скачок [2]. Потеря устойчивости системы имеет два вида: *мягкий* и *жесткий*. При мягкой потере устойчивости устанавливается колебательный режим, мало отличающийся от состояния равновесия (рис. 2.4.1). Жесткий вид потери устойчивости системы характеризуется тем, что система уходит со стационарного режима импульсивно и перескакивает на другой режим движения (рис. 2.4.2). Таким образом, при плавном изменении внешних условий системы катастрофа может произойти, но может и отсутствовать.

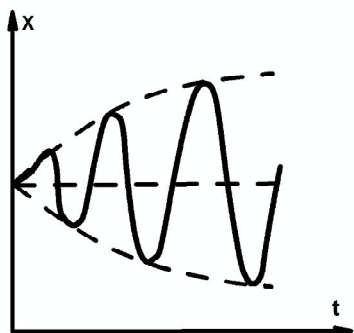


Рис. 2.4.1. Мягкая потеря устойчивости равновесия, [2]: x – параметры системы; t – время

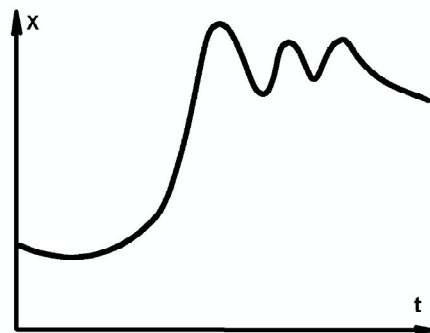


Рис. 2.4.2. Жесткая потеря устойчивости равновесия, [2]: x – параметры системы; t – время

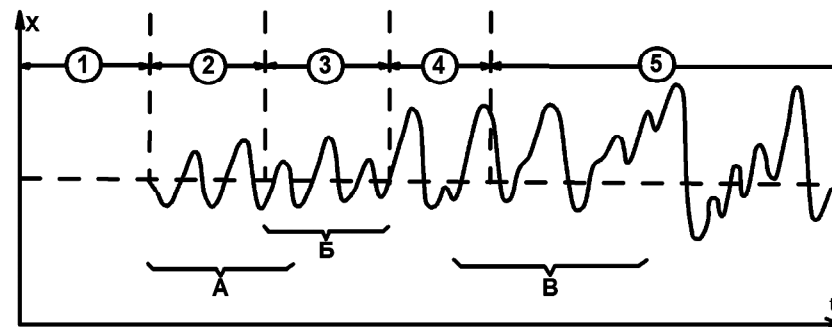


Рис. 2.4.3. Трансформация колебаний (сценарии нарастания хаоса), [2]: x – параметры системы; t – время

Аттрактором называют такое множество точек фазового пространства, к которому стремятся все фазовые траектории из некоторой окрестности и откуда выйти они уже не могут (рис. 2.4.4). Отсюда и название *аттрактор* – от английского глагола «to attract» – притягивать. Аттракторы в фазовом пространстве соответствуют установившимся колебательным процессам в системе. Количественно аттрактор может быть охарактеризован рядом величин. Одна из наиболее существенных – фрактальная размерность, характеризующая степень сложности аттрактора.

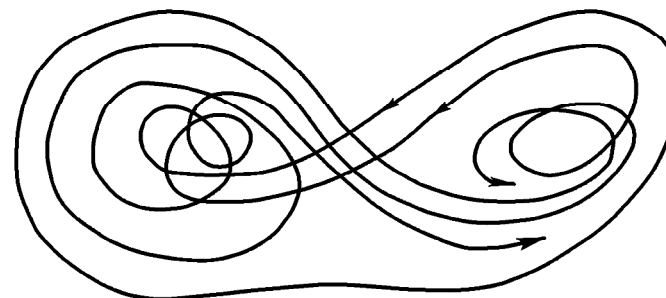


Рис. 2.4.4. Условный образ аттрактора, [2]

Свойство аттрактора, состоящее в том, что прошлое и настоящее не определяет будущее хаотической системы, имеет для понимания геоморфологических процессов особое значение. Это свойство заставляет думать, что катастрофы в рельефе, в общем слу-

чае, могут иметь два независимых следствия: 1) система переходит на новый уровень, приспосабливается к его условиям и продолжает функционировать; 2) упорядоченная система как таковая превращается в хаотическую, функционирование которой непредсказуемо (т. е. собственно аттрактор), а главное – может продолжаться неопределенно долго, по крайней мере, до тех пор, пока влияние внешних условий не станет более значительным, чем автоколебания системы.

Таким образом, в физическом смысле, в применении к процессам рельефообразования Земли, *катастрофа* – это скачкообразное изменение геоморфологической системы. Объем и структура последней могут быть различны, а причинами могут служить плавные изменения внешних условий. С одной стороны, основные положения теории катастроф соответствуют наблюдаемым в природе закономерностям, что позволяет использовать их в эколого-геоморфологических целях; с другой – очевидно, что рассматривать катастрофические процессы рельефообразования вне времени и пространства нельзя. Это касается длительности процессов рельефообразования, объемов и структуры геоморфологических систем, и др. В свою очередь, они сказываются на устойчивости комплексов рельефа к воздействию как природных, так и антропогенных факторов.

В последнее десятилетие XX века в теории геоморфологии получила развитие *концепция критических состояний, или геоморфологических пороговых значений*. Если определить состояние процессов рельефообразования как положение их в определенный промежуток времени, характеризующееся конкретным соотношением расхода вещества и энергии, то состояние динамического равновесия рельефа – положение рельефа при минимальных расходах вещества и затратах энергии. Суть критических состояний заключается в выяснении пределов динамического равновесия рельефа или рельефообразующих процессов. Переходы через пороговые значения усложняют и изменяют структуру геоморфологических систем. Очень часто такие переходы приобретают катастрофический характер. Бытует мнение, что катастрофы являются исключением из правил, что катастрофические явления могут быть катастрофическими лишь там, где существуют поселения человека или созданные им объекты. «Будучи есте-

ственными (хотя и сравнительно редкими и аномальными) феноменами жизни и развития природной среды, такие явления, как землетрясения, цунами, наводнения и т. п. становятся катастрофами лишь постольку, поскольку оказываются губительными для людей (или вообще живых организмов) и результатов их деятельности. Поэтому в общем случае рассматриваемые явления (процессы) правильнее было бы называть стихийными или стихийно-разрушительными процессами. И только, когда они возникают в населенной местности и поражают большое число людей и материальные ценности, их можно классифицировать как природные катастрофы». В приведенных соображениях остается много неясного. Во-первых, имеются ли на Земле совершенно безжизненные области? Во-вторых, что считать населенной или ненаселенной местностью? В-третьих, может ли одно и то же явление в одной и той же речной долине, но на разных ее участках быть одновременно и стихийным бедствием, и катастрофой?

Представления о пороговых значениях функционирования геоморфологических систем явились важным условием для понимания развития катастрофических процессов. Они указали на смену направленности последних, их типов, распространения, и т. п. Постепенно выяснилось, что пороговые значения обнаруживаются во всех процессах и явлениях. При их изучении устанавливают: а) происхождение и условия возникновения, б) форму проявления, в) масштаб изменений, г) связи с природными и антропогенными факторами. Например, в карстовой геоморфологии одним из пороговых значений растворения породы водой служит величина 25 мг/л – предел растворения кальцита. В другой области динамической геоморфологии установлено, что оползание и обрушение склонов междуречий в умеренном поясе происходит при достижении скорости выпадения атмосферных осадков в 55 мм/сутки, при продолжительности выпадения таких осадков 2–3 суток. Эту величину предложено считать *индексом опасности*. Повторяемость его в условиях субтропиков достаточно высока – 7–8 дней в течение года с вероятностью 96%. К пороговым значениям размываемости естественного почвенно-растительного слоя относятся величины $2 \cdot 10^3$ – $6 \cdot 10^4$ Р, где Р – размываемость, измеряемая в ньютонах. Все эти величины определяют наличие *критических ситуаций* в существовании форм рельефа.

Наряду с катастрофическими, существуют процессы, не преобразующие всю геоморфологическую систему, хотя и выражаемые в *экстремальной* форме. Их относят к *опасным геоморфологическим процессам*. О роли экстремальных явлений в рельефообразовании неоднократно писали Л. Старкель (1978), А. Шайдеггер (1981), А. Рапп, А. Короткий и Г. Скрыльник и др. [1]. В частности, в работе Л. Старкеля было подчеркнуто, что катастрофические явления в формировании рельефа играют значительную роль. Среди типов экстремальных явлений автор выделял: а) «бурные грозные осадки», б) длительные ливни, в) экстремально влажные годы или сезоны, г) оттепели, д) совпадение по времени. Л. Старкель предложил модель соотношения параметров атмосферных осадков, пород, типов процессов, описал *экстремальные явления* в разных климатах, рассмотрел их роль на фоне средних значений денудации.

Так же, как и катастрофические процессы, они должны учитываться при *выделении зон риска*. Этим термином обозначается степень вероятности совокупного проявления опасных и катастрофических процессов рельефообразования за определенный интервал времени. Уничтожение быстрыми процессами рельефообразования растительного покрова, животных, вод, самого рельефа, изменение состава атмосферы – это катастрофы разного ранга, хотя иногда и без человеческих жертв в данное время.

Скачкообразные изменения при прерывисто-непрерывном ходе экзогенных геоморфологических процессов были давно установлены, так же, как и разные масштабы явлений (работы С. Шумма, Р. Фейбриджа, И. Черванева, С. Зимова, и др.) [1]. Главным в данных работах является то, что природные катастрофы отражают нормальный нестационарный ход развития природы, имеют разное происхождение, размеры, следствия. Поэтому не следует думать, что катастрофические явления свойственны только каким-то ограниченным местам и условиям. Неучёт таких обстоятельств в хозяйственной деятельности человека приводит к появлению не до конца продуманных проектов, хотя и направленных, как представлялось их авторам, на улучшение социальной обстановки в конкретном регионе.

В экологических целях особым вниманием должно пользоваться выявление сочетаний экзогенных и эндогенных геоморфологи-

ческих процессов, характерных для каждого региона. Не опасные по отдельности, в совокупности их деятельность может привести и приводит к катастрофическим последствиям в рельефообразовании и экологическим катастрофам. Характерной чертой развития опасных и катастрофических геоморфологических процессов является неременная стадия их подготовки. Она может быть как очень короткой, так и весьма продолжительной. Это зависит от особенностей устойчивости рельефа конкретного региона и напряженности процессов рельефообразования, связанной с объемами переносимого обломочного материала (балансом масс), набором процессов, их повторяемостью. Особенность природных катастроф состоит в том, что одна из них непременно вызывает цепочку последовательно или лавинно развивающихся других процессов. Некоторые из них являются мгновенными, другие же обладают отдаленным эффектом.

2.4.1.3. Экстремальные проявления эндогенных и эндо-экзогенных процессов

Землетрясения. К группе быстрых эндогенных процессов относятся, прежде всего, *землетрясения*. Среди них выделяются наиболее опасные, так называемые мелкофокусные землетрясения, очаги которых располагаются на глубинах от 5 до 15 км. Причинами землетрясений чаще всего служат кратковременные сдвиги блоков литосферы в вертикальном или горизонтальном направлениях. Физические причины глубокофокусных (более 100–300 км) землетрясений остаются пока предполагаемыми и слабо изученными. Механизм сейсмических явлений чаще всего связывают с упругой отдачей горных пород. При достижении порогового значения упругие деформации сменяются хрупкими деформациями. Напряжения, медленно накапливающиеся в земной коре, создают запас энергии (подобно сжимающейся пружине), и в каком-то участке деформированной области происходит внезапная подвижка по образовавшемуся или существующему разрыву сплошности пород. Неравномерное продвижение дислокации приводит к возникновению высокочастотных волн, вызывающих сейсмические колебания, которые и производят трансформацию поверхности Земли. Характерная скорость распространения разрыва равна 3–4,5 км/с, а нерегулярные скачки этого процесса происходят в течение долей секунды.

Было установлено, что в ряде случаев трещины и разрывы в скальных породах на глубине не проникают в толщу приповерхностных осадков. Выветрелые горные породы и почва иногда поглощают дифференцированные смещения, что было видно, например, при Аляскинском землетрясении 1964 г. Однако, в рыхлых породах наблюдался и обратный эффект, когда на поверхности сила сейсмического толчка усиливалась. Необходимо обратить внимание на роль явления дилатансии. Дилатансия (от английского dilatancy) – способность зернистых масс расширяться, изменяя форму. Иначе говоря, это лавинообразное нарастание трещиноватости в скальных породах, в связи с чем объем последних быстро увеличивается, внутреннее трение резко уменьшается и массив горных пород теряет устойчивость. Предполагают, что данное явление возникает при «встряхивании» скальных пород в результате сейсмических толчков.

Кроме прямого воздействия сейсмических ускорений на величину сил, вызывающих разрушения, колебания грунта могут способствовать понижению его прочности вдоль той же поверхности, где проявляется сопротивление скольжению. Лабораторные исследования показали, что при циклической касательной нагрузке некоторые грунты характеризуются меньшей прочностью на сдвиг, чем при однократном приложении максимальной нагрузки. Это связано с так называемой «усталостью материала», которая представляет собой частичную перестройку его структуры после неоднократного приложения к нему внешних сил. Следовательно, устойчивость поверхности при нескольких циклах колебаний, вызванных землетрясениями, может быть гораздо меньшей, чем при однократной нагрузке. Происходит так называемое «разжижение грунта», который в течение короткого времени может вести себя как плотная жидкость, а не как твердая масса. Это также проявляется при дилатансии.

Анализы очагов и энергии землетрясений в северной части Тихого океана, проведенные С. А. Федотовым и А. В. Викулиным [1], показали, что продолжительность сейсмического цикла составляет здесь 190 ± 40 лет. По данным А. В. Викулина, очаги сильнейших землетрясений мигрируют по часовой стрелке вдоль северо-западной окраины Тихого океана со скоростью около 250 ± 30 км/год.

Вулканизм. К группе быстрых процессов относятся также некоторые из *вулканических проявлений*, относимых [7] к эндо-экзогенным образованиям. Они объединяют извержения вулканов, поднятия и опускания их склонов, флювиальную и селевую деятельность в связи с извержениями, аккумуляцию тефры, сглаживание вершин вулканов при подледных извержениях. Далеко не все из них имеют характер катастроф, и не все влияют на рельефообразование прямо, а не через какой-либо промежуточный процесс.

Примером катастрофического проявления вулканизма является эксплозия (взрыв). Она возникает при наличии нескольких условий: 1) давление газов в вязкой лаве превышает предел прочности лавы; 2) происходит соприкосновение магмы с водой в больших объемах. Взрыв Везувия в 79 г. н.э. привел к разрушению всей вершины вулкана и образованию кальдеры диаметром в 3 км.

Таким образом, к важным для понимания развития рельефа особенностям вулканизма относятся: 1) импульсивное (скачкообразное) развитие извержения, приводящее к частичной или полной перестройке геоморфологических систем; 2) наличие цепочки следствий, выражающихся в виде смены геоморфологических процессов, лавинно развивающейся последовательности процессов и т. п.

Целый комплекс социальных и экологических проблем возник в связи с недавней активизацией исландского вулкана, называемого Эйяфьядлайекюдль. Эйяфьядлайекюдль – шестой по величине ледник Исландии. Расположен на юге Исландии в 125 км к востоку от Рейкьявика. Под этим ледником (и частью под соседним ледником Мюрдальсйёкюдль) находится вулкан конической формы, называемый в прессе по имени ледника – Эйяфьядлайёкюдль. Высота вершины 1666 м, площадь ледника около 100 км². Вулканический кратер диаметра 3–4 км (до 2010 г. был покрыт ледниками). Вулкан относится к щитовидным. Ближайший посёлок (Скоугар) находится у южного окончания ледника. С ледника берёт начало река Скоугау (исл. Skógá), на которой находится известный водопад Скоугафосс. После извержения в 1821–1823 гг. вулкан считался спящим. Последнее извержение вулкана началось 20 марта 2010 г. между 22:30 и 23:30 GTM (по Гринвичу) и образованием в восточной части ледника разлома длиной около 0,5 км. В этот период больших выбросов пепла не регистрировалось. 14 апреля 2010 г.

произошло усиление извержения с выбросами больших объемов вулканического пепла, что привело к закрытию воздушного пространства части Европы 16–20 апреля 2010 г. и эпизодическим ограничениям в мае 2010 г. Оценка интенсивности извержения по шкале VEI – 4 балла.

Извержения вулканов одновременно играют роль положительного фактора, влияющего на экологию территории. Можно согласиться с мнением, что в прошлом вулканы сделали больше добра, чем зла. Во-первых, вулканы создали поверхность суши площадью во многие сотни тысяч квадратных километров. Во-вторых, участки такой суши, созданные в историческое время, оказались в большинстве случаев плодородными. Выпадающие вулканический пепел и его производные способствовали увеличению плодородия почв. В Индонезии сотни хижин и деревень теснятся вокруг подножий действующих вулканов, где мощность слоев пепла колеблется от 1–3 до 15–30 м. Там, где толщина последних составляет несколько сантиметров, семена и споры во влажных тропиках произрастают уже спустя несколько месяцев после извержения вулкана. Даже там, где с деревьев ободрана кора, но целы их корни, листва появляется заново через несколько месяцев.

Спустя год после извержения вулкана Кракатау (1883 г.) на покрытых толстым слоем пепла склонах уже росла трава, а еще через два года там насчитывалось 26 видов растений. Через 40 лет почти всюду вырос густой лес. Это наблюдалось не только в тропиках, но и на Аляске, правда, более медленными темпами.

Особый интерес представляют сведения и расчеты космической «бомбардировки» Земли метеоритами. В динамической геоморфологии она была отнесена к категории *ударно-взрывных (импактных) процессов*.

Известные следы падения крупных метеоритов (Аризонский, Попигайский и другие кратеры и *астроблемы* – древние, сильно измененные кратеры) указывают, что падение космических тел больших размеров (метеороидов) можно считать для поверхности суши установленным фактом. Современная интенсивность образования кратеров с диаметром свыше 10 км вследствие ударов астероидов, пересекающих земную орбиту, составляет $(2,3 \pm 1,1) \cdot 10^{-14} \text{ км}^{-2}/\text{лет}^{-1}$.

Из имеющихся оценок следует, что за последние 500 млн лет на Землю упало более 5 000 метеоритов, способных образовать кратеры диаметром более 5 км [8].

По сведениям, полученным со «спутников быстрого оповещения» (США), с 1975 по 1991 гг. в атмосфере Земли разрушились около 140 крупных метеоритов, энергия каждого из которых была эквивалентна энергии взрыва $n \cdot 10^4$ т тринитротолуола.

В земной коре на глубине примерно в 5–8 км располагается граница, где находится предел влияния литостатического давления. Последнее примерно равно прочности нетрещиноватых пород при температуре около 500°C и давлении, соответствующем данной глубине. В подобных условиях присутствие воды приводит к тому, что при больших интервалах времени порода деформируется пластически. Это касается даже интрузивных пород, например – гранитов.

В процесс нарастания тектонических напряжений, землетрясений и афтершоков вмешивается еще один вид низкочастотной «вибрации», связанной с наличием гидрогеодеформационного поля Земли (ГГД-поле). Оно фиксируется по «дрожанию» уровней грунтовых вод при прямых гидрогеологических наблюдениях в скважинах, глубоких колодцах и пр.

Высокочастотные колебания (до 30 кгц) отмечаются в зонах разрывных тектонических нарушений. Последние особенно опасны, поскольку входят в резонанс с собственными колебаниями плотин и зданий, разрушая их.

Медленнее опускается земная поверхность под антропогенной нагрузкой (здания, промышленные сооружения, водохранилища и пр.). Однако, это опускание достигает 15–20 м за несколько десятилетий, например в Мехико.

Еще медленнее происходит опускание поверхности при гравитационном уплотнении горных пород. Причинами его служат гидратация, дегидратация и механическое уплотнение пород. Амплитуды скоростей составляют 10–100 см/год. В глинистых породах уменьшение пористости на 35% приводит к сокращению объема на 64%, в песках – до 37% за счет более плотной упаковки зерен. Параметры уплотнения изменяются по логарифмическому закону в несколько стадий. Максимальная из них наблюдается при седиментации, когда под действием собственного веса пористость пород уменьшается с 80 до 40%. Из-за уплотнения глинистых пород мезозойско-кайно-

зойского возраста величина опускания поверхности Западно–Сибирской равнины теоретически могла составить 500–1225 м. К сожалению, пока не существует методик, позволяющих отделить тектоническое опускание поверхности от гравитационного.

Промежуточное положение в ряду быстрых и медленных процессов занимают **цунами** – сейсмогенные морские и озерные волны. Они возникают чаще всего при субвертикальном смещении блоков земной коры. В открытом океане волны цунами распространяются со скоростью \sqrt{gH} , где g – ускорение свободного падения, а H – глубина океана (так называемое приближение мелкой воды, когда длина волны существенно больше глубины). При средней глубине 4000 метров скорость распространения получается 200 м/с или 720 км/час. В открытом океане высота волны редко превышает один метр, а длина волны (расстояние между гребнями) достигает сотен километров, и поэтому волна не опасна для судоходства. При сложной конфигурации берегов могут создаваться *волновые ловушки*, где сосредоточиваются прямые и отраженные от берегов волны. Энергия цунами обычно составляет от 1 до 10% энергии вызывающих их землетрясений. Самые крупные цунами обладали энергией примерно в 10^{23} эрг. На Гавайских островах энергии цунами хватало на отрыв со дна блоков коралловых рифов размером в 1,5 м.

Наиболее распространённые причины цунами.

Подводное землетрясение (около 85 % всех цунами). При землетрясении под водой образуется вертикальная подвижка дна: часть дна опускается, а часть приподнимается. Поверхность воды приходит в колебательное движение по вертикали, стремясь вернуться к исходному уровню, – среднему уровню моря. Возникает серия волн. Далеко не каждое подводное землетрясение сопровождается цунами. Цунамигенным (то есть порождающим волну цунами) обычно является землетрясение с неглубоко расположенным очагом. Проблема распознавания цунамигенности землетрясения до сих пор не решена, и службы предупреждения ориентируются на магнитуду землетрясения. Наиболее сильные цунами генерируются в зонах субдукции. 26.12.2004 г. в Юго-Восточной Азии в 00:58 произошло мощнейшее землетрясение – второе по мощности из всех зарегистрированных (магнитудой 9,3), вызвавшее мощнейшее из всех известных цунами. От цунами пострадали страны

Азии (Индонезия – 180 тыс. человек, Шри-Ланка – 31–39 тыс. человек, Таиланд – более 5 тыс. человек и др.) и африканская Сомали. Общее количество погибших превысило 235 тыс. человек.

Оползни. Цунами такого типа возникают чаще, чем это оценивали в XX веке (около 7% всех случаев цунами). Зачастую землетрясение вызывает оползень, и он же генерирует волну. 9 июля 1958 г. в результате землетрясения на Аляске в бухте Литуйя возник оползень. Масса льда и земных пород обрушилась с высоты 1100 м. Образовалась волна, достигшая на противоположном берегу бухты высоты более 500 м [17]. Подобного рода случаи весьма редки и, конечно, не рассматриваются в качестве эталона. Но намного чаще происходят подводные оползни в дельтах рек, которые не менее опасны. Землетрясение может быть причиной оползня и, например, в Индонезии, где очень велико шельфовое осадконакопление, оползневые цунами особенно опасны, так как случаются регулярно, вызывая локальные волны высотой более 20 метров.

Вулканические извержения (около 5% всех цунами). Крупные подводные извержения обладают таким же эффектом, что и землетрясения. При сильных вулканических взрывах образуются не только волны, но вода также заполняет полости от извергнутого материала или даже кальдеру, в результате чего возникает длинная волна. Классический пример – цунами, образовавшееся после извержения Кракатау в 1883 году. Огромные цунами от вулкана Кракатау наблюдались в гаванях всего мира и уничтожили в общей сложности 5000 кораблей, погибло 36 000 человек.

Энергетическая характеристика цунами, или интенсивность, измеряется магнитудой. В настоящее время функционирует служба оповещения цунами, созданная в 1952 г. несколькими тихоокеанскими странами, в том числе Россией. Цунами отмечались также в Черном, Азовском, Средиземном, Каспийском морях и даже на оз. Байкал.

2.4.1.4. Экстремальные проявления современных экзогенных процессов

Сокращение в течение последних двух тысяч лет площади лесов в горных областях Карпат, Кавказа, Средней Азии, вызванное горнорудным промыслом, а также расширением сельскохозяйственных угодий, привело к резкому изменению положения верхней и нижней границ леса, а местами (как в Средней Азии) – к полному

уничтожению лесной зоны и появлению на ее месте степных ландшафтов, со свойственным для них широким развитием катастрофических эрозионных процессов. Сведение лесных массивов обусловило резкие изменения режима стока рек, что привело к развитию селевых потоков.

Обсохшая к настоящему времени часть дна Аральского моря стала источником золотого мелкозема. Ежегодно в воздух здесь поднимается от 15 до 75 млн т пыли, включающей и солевые частицы. Это усиливает засоление и трансформацию почв в ближайшем окружении Арала.

Полное или почти полное (80–90%) преобразование рельефа на некоторых участках при их сельскохозяйственном освоении и возведении промышленных комплексов привело к катастрофическому смыву почв, оврагообразованию, вызывая труднообратимые последствия в экологической обстановке (см. п. 2.4.2).

Все сказанное относится к областям развития экзогенных процессов рельефообразования. От них чаще всего зависит экологическое состояние региона.

Обвалы и оползни. Весьма яркими проявлениями геоморфологических катастрофических процессов во многих случаях служат быстрые склоновые процессы (следует заметить, что они сочетают в себе черты экзогенных и эндогенных процессов, поскольку активную рельефообразующую роль здесь играет гравитация, наряду с внешними факторами). Ранее уже упоминались сейсмогенные обвалы и оползни как примеры быстрых процессов. Однако, и медленно развивающиеся оползни представляют скрытую опасность, способную неожиданно превратиться в катастрофу. Причины формирования катастрофических оползней: 1) потеря устойчивости потенциально оползневого тела в результате резкого увеличения веса (например, при насыщении грунта водой во время сильных дождей); 2) потеря устойчивости склона при подрезании его основания рекой или в результате хозяйственной деятельности человека; 3) быстрое перемещение грунтовых потоков.

Региональная роль обвалов и оползней достаточно велика. В Альпах, например, ежегодный объем обломочного материала, перемещаемый этими процессами, оценивается в $274 \cdot 10^6$ т; в Скандинавии – до $23 \cdot 10^6$ т. В Японии при мощных землетрясениях пере-

мещается в целом от $6 \cdot 10^3$ до $4 \cdot 10^4$ м³/км². Расчеты позволяют сравнивать медленно эволюционирующие процессы денудации с денудацией в результате катастрофических процессов. Последние обычно на 2–3 порядка превышают первые.

Снежные лавины. Катастрофические изменения в рельефе, связанные с движением сухого или водонасыщенного снега, а также льда, происходят далеко не всегда. Это зависит, прежде всего, от того, по какой подстилающей поверхности движется снег или лед. Если он непосредственно не соприкасается с грунтом, то деформаций рельефа по пути следования не происходит [7]. В то же время «прыгающая лавина», нередко падающая на лед замерзшего озера или на пологое подножье склона, иногда «выбивает» в грунте значительные углубления. Такова была верхняя часть пути снежно-ледяной массы, ударившей и разрушившей склон на отдельные скальные блоки в Перу (катастрофа в массиве Уаскаран, 1962). При падении «мокрых» лавин, обладающих значительным весом и энергией, происходит разрушение подножий склонов, а в случае падения в акваторию каровых озер – выплеск и углубление последних. Такие процессы относятся к категории катастрофических, хотя и происходящих на сравнительно небольших участках площадью в $n \cdot 10^6$ м².

Повторяемость лавин зависит от многих факторов: рельефа, гидрометеорологических условий, залесенности и др. Поэтому для конкретных регионов они существенно различаются. Например, в Хибинах число лавин в течение года в среднем составляет около 30, на Верхоянском хребте – 25–30, на Западном Кавказе – 25–30. Однако данные цифры никоим образом не отражают всю рельефообразующую роль лавин и, тем более, количество катастрофических снежных обвалов и связанных с ними стихийных бедствий. Для их оценки имеются специальные методики.

Паводки и наводнения. Катастрофические деформации рельефа при паводках и наводнениях чаще всего наблюдаются там, где водный поток большую часть года отсутствует, а затем, внезапно появившись, производит огромную работу. Это явление характерно, прежде всего, для семиаридных и аридных областей. В Австралии, например, подобные процессы приводят к интенсивному оврагообразованию и заносу мелкоземом небольших логов и долин.

Паводки и наводнения встречаются практически во всех ландшафтно-климатических поясах Земли. Так, в средних и высоких широтах бывают весенние наводнения, обусловленные ледовыми заторами. Такие ледовые плотины возникают в Северном полушарии у рек, текущих к северу, в связи с чем ледоход в верховьях начинается раньше, чем в низовьях. На рубеже XX и XXI веков катастрофические половодья такого рода были на Лене и Северной Двине.

К числу катастрофических явлений, очень быстро перестраивающих весь рельеф дна речных долин, следует отнести сёрджи и селевые потоки.

Сёрджи. В горных нивально-ледниковых областях нередко наблюдаются быстрые подвижки языков долинных ледников, которые получили название *сёрджи*. Они известны в Гималаях, Альпах, на Скандинавском нагорье, на Аляске и в других горных регионах.

В мае 1963 г. произошла быстрая подвижка ледника Медвежий на Памире. Скорость движения при этом достигала 45 м/сут. Толщина ледника составляла почти 400 м, а длина его движущейся части – около 7 км. При этом ледник перегородил р. Абдукагор и создал подпрудное озеро глубиной около 80 м, с объемом воды $12 \cdot 10^6$ м³. Это была не первая из зафиксированных подвижек. Ранее они наблюдались в 1910, 1937, 1951 гг. В 1973 г. произошла следующая подвижка ледника. Сёрдж вновь привел к образованию подпрудного озера, однако теперь объем воды в нем достиг $14 \cdot 10^6$ м³. Через месяц озеро было спущено, в результате чего возник гляциальный сель. Сёрджи приводят к торошению всей толщи льда на леднике, из-за чего внешний вид поверхности приобретает облик ледяного курума. Скорости движения льда при сёрджах в отдельных случаях достигают 100 м/сут, а повторяемость – 10–15 лет. Такой процесс соответствует «жесткой» потере устойчивости ледника и может быть отнесен к категории катастрофических процессов.

Крупнейшая катастрофа, обусловленная прохождением сёрджа, произошла в бассейне р. Геналдон на Северном Кавказе летом 2002 г. Серия сильных дождей в июне и начале июля привела к насыщению бассейнов рек дождевой и талой водой, обусловив активность ледника Колка. Громкий треск ломающегося льда раздавался в близлежащих населенных пунктах. Река Геналдон была

превращена в поток черной грязи. К концу июня язык ледника был замечен в узком ущелье рядом с ледником Майли. Язык частично рухнул, образовав временно плотину. Вода и моренный материал образовали селевые потоки, которые остановились возле аула Тменикау высоко на склоне долины. Ледник заблокировал ущелье, наполняя его талой водой. Вторая волна селя прошла 6 июля. Участок долины длиной 9 км был погребен под массой льда и горных пород. Толщина потока селя доходила до 50 м. Объем льда, выброшенный в долину и перегородивший ущелье, был более 100 млн м³. Скорость селевых потоков составляла 60–70 км/ч, достигая максимума в 100 км/ч. Жертвами катастрофы стали десятки человек.

Селевые потоки. Сели – это потоки, состоящие из рыхлого обломочного материала и воды. Они могут быть грязекаменными, водокаменными, грязевыми. Некоторой разновидностью их являются водоснежные потоки. Селевые потоки часто обладают высокими скоростями – до 80 км/ч и проходят по дну долин расстояние до 100 км, погребая под отложениями населенные пункты, уголья и пр.

Селеформирующее действие атмосферных осадков включает два аспекта: 1) постепенное насыщение водой гравитационных отложений, оползневых массивов, участков скопления глинистого материала и приведение их в состояние неустойчивого равновесия; 2) дополнительное водонасыщение, приводящее к переувлажнению и потере равновесия и вызывающее оползание и оплывание обломочного материала в русло, размыв и смыл грунта. Объемы последнего при этом весьма значительны и измеряются сотнями тысяч и миллионами кубометров.

В ледниковых и древнеледниковых районах особенно опасными условиями возникновения селей являются совпадение времени интенсивного таяния ледников и ливневых осадков.

Водоснежные потоки. Эти образования, как отмечено выше, представляют собой разновидность селевых потоков, характерную для горных стран умеренного пояса и чаще всего развивающуюся в перигляциальных условиях. Они, в сочетании с лавинами, приводят к интенсивному выносу мелкозема из небольших долин, заполняя русла ручьев и ближайшие к ним участки склонов щебнисто-дресвянистыми массами вперемешку с детритом.

Прорывные паводки. Образование водоснежного потока при разрушении снежной плотины и спуска образовавшегося за ним на некоторое время озера представляет процесс, который получил название *прорывных паводков*. Они иногда достигают значительных масштабов, распространяются по долинам рек на десятки километров и кардинально влияют на перестройку рельефа.

Ураганы и смерчи. К катастрофическим изменениям в рельефе приводят и катастрофические явления в атмосфере: ураганы, самумы, смерчи, торнадо.

Примерами могут служить новороссийская бора со скоростями ветра до 40–45 м/с. В 1991 г. в районе Челябинска сильный смерч не только разрушил базу отдыха, но, вобрав в себя большое количество воды из ближнего озера, обрушил ее на противоположный берег, где разрушению подверглись другие постройки. В 1992 г. смерч обрушил большой объем воды в верховья небольших речек в районе Туапсе, вызвав оползни и сель. К таким же последствиям приводят тайфуны в Приморском крае России, которые активизируют обвалы, оползни, паводки. Ураганы и смерчи – довольно распространенное явление и на равнинах северо-запада России, в ее средней полосе и в других регионах.

Катастрофические последствия – и геоморфологические, и социально-экологические – последовали за прохождением смерча летом 2002 г. в г. Новороссийске. Смерч сформировался 9 августа над Черным морем, при этом в вихрь с резко пониженным давлением был затянут значительный объем морской воды. Переместившись к побережью над городом Новороссийском, при заполнении (завершении существования) смерч «выплеснул» практически одновременно захваченный объем воды на юго-восточную часть города. В итоге по Широкой балке прошел катастрофический сель, практически мгновенно изменивший облик эрозионной формы и унесший десятки жизней людей, отдыхавших на берегу моря, в днище долины и ее устьевой части. «По сообщению Южного регионального центра МЧС РФ, «... в результате интенсивных дождей и выхода на сушу смерча, образовавшегося над акваторией Черного моря, повысился уровень воды выше критических отметок в озере Абрау-Дюрсо, реках Дюрсо и Цемес. Подтоплены населенные пункты Абрау-Дюрсо, Южная Озереевка, Глебовская, Крымск, Новороссийск, 12 тысяч домов. Из них разрушено 490 и поврежде-

но 3588. Пострадало более 30 тысяч человек, погибло 59 человек. Спасено 3000 человек». Наибольшее число погибших в этот день было в Широкой балке» (автореферат А. Ю. Барина, 2009, стр. 3).

Заметим, что максимальные скорости движения воздуха в смерчах остаются практически неизученными, так как поместить внутри внезапно возникшего вихря прибор для измерения скорости ветра не представляется возможным. Предполагается, что скорость может достигать 120 м/с, что обуславливает сильное разрежение плотности воздуха и, как следствие, втягивание воды и грунта, «взрывы» построек, опрокидывание и даже перенос по воздуху тракторов, автомашин. При воздействии ураганов и смерчей на поверхность моря нередко возникают штормовые нагоны воды и связанные с ними наводнения. Высота нагонов воды различна – от 3–5 м до 12–13 м.

Смерчи и торнадо проявляются довольно часто. Ежегодно на Земле возникает около 1,5 тысяч смерчей, продолжительность которых колеблется от нескольких часов до нескольких суток.

Пирогенные процессы. Пирогенные процессы включают предварительное иссушение потенциально горючего вещества, загорание и превращение его в качественно иной материал, воздействие высокой температуры на приземные слои атмосферы и эоловый перенос вещества вихревыми воздушными потоками, температурное воздействие на горные породы, изменение вещества при выделении газов и уничтожении живых организмов. Все перечисленное показывает, что пирогенез как один из катастрофических процессов является важным условием и компонентом экологической обстановки.

При пожарах температура поверхности грунтов может достигать 500°C. При этом происходит: а) быстрое разрушение скальных пород из-за значительных контрастов температур; б) уплотнение песчано-глинистых осадков с образованием «корочки закаливания»; в) резкое сокращение проективного покрытия растительностью и приобретение почвой гидрофобных свойств; г) разрыхление грунта при выгорании корней растений; д) накопление углей в покровных горизонтах. Общей чертой служит кратковременность процессов, длящихся от нескольких минут до нескольких месяцев. Тем не менее, последствия сильных пожаров сказываются в течение десятков и даже сотен лет. При возникновении естественных (без

участия человека) пожаров обращают на себя внимание два аспекта: положение источника огня и форма и площадь распространения огня. Основным источником пожаров являются линейные или шаровые молнии (либо антропогенный фактор).

Цепочка спровоцированных пожарами процессов может оказаться довольно длинной. Отмечается, что после пожаров в долины рек со склонов поступает огромное количество песчано-глинисто-щебнистого материала. Его скопление в истоках долин служит основой для формирования потоков типа несвязных селей в периоды ливней и снеготаяния. Происходит также увеличение объемов наносов выноса небольших ручьев.

Неясным остается влияние на субстрат газов, выделяющихся из почвы при высокой температуре. Это особенно важно, поскольку выделение углеводородных газов, содержащихся в межминеральных поровых каналах и микротрещинах, способствует преобразованию поверхностных горизонтов. Наблюдениями в Калифорнии установлено, что после пожара выделение газов в течение нескольких месяцев было в 10 раз интенсивнее, чем обычно.

Лето 2010 г. в России выдалось рекордно жарким. Следствием стали лесные и торфяные пожары в средней полосе страны, в Поволжье, на Дальнем Востоке и в других регионах. Среди наиболее пострадавших регионов – Нижегородская, Московская, Рязанская и Воронежская области; огонь подступил к пригородам многих крупных российских городов. Погибли более 50 человек, огонь уничтожил более 2500 домов. Площадь пожаров превысила 800 тыс. гектаров. Одновременно наблюдалось иногда до тысячи очагов пожаров. Правительством РФ было выделено регионам страны, пострадавшим от лесных пожаров, 5 млрд рублей для оказания материальной помощи людям, оставшимся в результате пожаров без жилья [17].

Оценка роли пирогенного морфолитогенеза представляется пока довольно сложным делом. Она связана как с трудностями установления повторяемости гроз в конкретных регионах, так и с трудностями определения размеров площадей пожаров. Для горного Алтая, например, установлено, что среднемноголетняя повторяемость гроз колеблется от 14 до 42 дней, продолжительность – 17–69 часов.

По мнению В. В. Крючкова [1], перед северной границей леса на Северо-Востоке России даже образуются *пирогенные тунд-*

ры шириной от 1 до 60 км. Они как бы вклиниваются в зону лесотундр, подчеркивая существование рубежа активизации геоморфологических процессов.

Таким образом, механизм пирогенного морфолитогенеза включает несколько стадий: подготовку горючего вещества к загоранию, загорание и «обжиг» субстрата, а также перенос мелкозема горячими вихревыми потоками воздуха; остывание субстрата после пожара, приводящее к эксфолиации. В начале последней стадии происходит активизация других экзогенных процессов, длящаяся многие десятки и сотни лет. В геологическом масштабе времени роль пирогенеза таким образом значительна.

Гипотеза «суперволн» в Мировом океане. Идея о существовании в прошлом гигантских волн была высказана еще П. С. Палласом. С тех пор она то подтверждалась, то отвергалась, но серьезного обсуждения ее не было. Наиболее полная разработка этой идеи была проведена лишь в 1989 г. С. А. Зимовым. Одной из причин ее исследования оказалось наличие подводных каньонов, часть которых значительно превосходила по размерам и длине речные долины и каньоны на континентах. Ф. П. Шепард предполагал, что образование каньонов в скальных породах материкового склона (т. е. за пределами шельфа) может быть объяснено либо деятельностью мутьевых потоков, либо деятельностью субаэральная эрозии. Если первый процесс уже многократно рассматривался в научной литературе и не требует особых пояснений, то второй – мог действовать только при глубокой регрессии моря в неогене или плейстоцене. Однако, как считает большинство исследователей, и тому есть серьезные основания, уровень моря в плейстоцене понижался не более, чем на 200 м. А каньоны, наблюдаемые сейчас, располагаются много ниже (на глубинах 500–1500 м).

С. А. Зимов [9] предположил, что при чередовании очень крупных волн, *суперволн*, могут возникнуть условия, когда потоки воды могут разогнаться до скоростей, на которых возможен размыв прочных скальных пород. В дальнейшем, между периодами деятельности суперволн, возникшие эрозионные каньоны моделируются мутьевыми потоками.

Вместе с тем, для многих подводных каньонов доказана изначально тектоническая их природа.

Древние катастрофы в развитии рельефа Земли. Вряд ли можно утверждать, что катастрофические процессы рельефообразования появились только с началом хозяйственной деятельности человека. В рельефе сохраняются следы разнообразных геоморфологических катастроф прошлого, начиная от следов гигантских цунами и кончая невероятными по силе потоками, возникавшими при быстром спуске воды из озер. Повторяемость их остается практически неизученной, что заставляет вносить коррективы в оценки эколого-геоморфологического и сейсмического рисков конкретных территорий. Одновременно это свидетельствует о том, что в прошлом были возможны процессы и механизмы в их деятельности, которые ныне не встречаются [1]. Древние (тем более – дочетвертичные) геоморфологические катастрофы, конечно, не имели экологического значения для человека (но существенно влияли на экологические условия существовавших тогда организмов). Тем не менее, изучение их следов в рельефе и отложениях важно для оценок потенциально возможных современных катастроф. Следы палеокатастроф могут помочь в оценке устойчивости как рельефа, так и других компонентов природной среды. Доказательством служит, например, переоценка сейсмической напряженности на Сахалине, а также в Армении и Грузии после землетрясений в Нефтегорске, в Спитаке и Раче. В исторических хрониках Армении и Грузии, в частности, в указанных районах сильных землетрясений не отмечалось, однако по следам палеодислокаций удалось выяснить, что они происходили несколько тысяч лет назад, и должны были бы учитываться при строительстве.

2.4.1.5. Подходы к оценкам геоморфологического риска и потери от природных и природно-антропогенных стихийных бедствий

Подходы к оценкам геоморфологического и геологического риска

Отсутствие единой классификации опасных и катастрофических природных процессов не препятствует попыткам создать систему их картографирования и оценок. Так, во Франции законом от 1982 г. было установлено, что области, подверженные стихийным бедствиям, должны быть внесены в специальный каталог и закартографированы. При выделении *зон геологического риска* необ-

ходимо учитывать три параметра: локализацию, идентификацию причин опасности и степень риска. Последняя обозначает сочетание интенсивности и частоты явления.

Степень *геологической опасности* в областях проживания людей зависит от плотности населения. Для этого в США, например, было введено понятие *среднего городского района*. Необходимые сведения вводятся в его матрицу с определенными символами:

ЧЛ – населенность площади (количество человеко-лет, определяемое как среднегодовое количество жителей района за 10 лет);

ПН – коэффициент преимущества немедленных мер. Полностью развитые городские районы имеют нулевой коэффициент, так как там уже поздно запрещать строительство. Минимальный коэффициент обычно равен 1;

УГ – коэффициент величины ущерба от геологической катастрофы;

ГО – приоритет главной опасности [3].

Под приоритетом главной опасности понимаются работы, необходимые для уменьшения ущерба при катастрофах в масштабе картографируемой площади. После этого производится кодирование геологической опасности для выбранной площади. Таким образом, $ГО = УГ * ПН * ЧЛ$. Запись в виде матриц позволяет моделировать степень опасности на ЭВМ. При использовании такого подхода, тем не менее, сохраняются все отмеченные нами ранее противоречия в *опасных и неопасных процессах*.

Другой подход к оценкам риска для территорий основан на использовании принципа «баланса литодинамического потока» и введения понятия *«напряженность процессов»*. Суть подхода заключается в следующем. Короткопериодные (до 2 тыс. лет) процессы рельефообразования, одновременно являющиеся частью экологических процессов, обычно развиваются на фоне динамически равновесных состояний рельефа. Особым вниманием должно пользоваться выявление сочетаний (спектров) экзогенных и эндогенных геоморфологических процессов, характерных для каждого региона (табл. 2.4.1). Деятельность их наиболее полно выражается в работе, т. е. в перемещении обломочного материала. В этом заключается сам принцип баланса литодинамического потока.

Таблица 2.4.1

Примеры соотношений между средними и экстремальными значениями параметров экзогенных процессов

Условия и виды процессов	Средние значения	Экстремальные значения
Скорости потоков воды, м/с	0,5–2,0	60
Высота волн при цунами, м	0,5–2,0	30
Высота волн, возникающих при обрушении берегов в море или озеро, м	2–4	200
Скорости выпадения атмосферных осадков, мм/сутки	1–6	1400
Делювиальный смыв на задернованных склонах, т/га/год	2–10	300
Скорости ветра, м/с	2–5	130

Показателем средней скорости денудации (мм/год) далеко не исчерпывается оценка деятельности современных экзогенных процессов. Именно поэтому стало необходимым введение понятия *напряженности процессов*. Под ним (σ) понимается отношение максимально возможного V_n объема перемещаемого обломочно-материала комплексом процессов с номером n к среднему объему перемещаемого материала V теми же процессами (табл. 2.4.2).

Таблица 2.4.2

Показатели напряженности экзогенных геоморфологических процессов

Регион	Напряженность процессов, σ
Центр Русской равнины	$4,7 \cdot 10^{-6}$
Среднее Поволжье	$52,2 \cdot 10^{-6}$
Восточные Карпаты	$0,5 \cdot 10^{-6}$
Западный Кавказ, Приэльбрусье	$1,7 \cdot 10^{-6}$
Прибайкалье	$1,4 \cdot 10^{-6}$

Кроме напряженности процессов, возможно хотя бы в общей форме оценить степень эколого-геоморфологического риска. Эколого-геоморфологический риск Rf – это степень вероятности со-

вокупного проявления опасных и катастрофических процессов рельефообразования за определенный интервал времени с экологическими последствиями. Он рассчитывается, исходя из величины напряженности экзогенных процессов и вероятности повторяемости катастрофических процессов рельефообразования q , представляя зависимость: $Rf = \sigma \cdot q$.

В 1991–92 гг. в России были разработаны критерии оценки экологической обстановки территории для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия [11]. Они были утверждены Министерством охраны окружающей среды РФ. В числе нескольких приложений, представляемых по этим критериям на экологическую экспертизу, находятся *геоморфологическая карта* и *карта опасности современных геоморфологических процессов*. Напряженность экологической обстановки оценивается по величине ее пороговых значений: а) относительно удовлетворительная, б) напряженная, в) критическая, г) кризисная, д) катастрофическая (в зоне экологического бедствия). Таким образом, оценка процессов рельефообразования официально введена в перечень изучаемых проблем экологии.

Формы рельефа разных порядков обладают различной устойчивостью. Исследование проблемы (работы А. М. Трофимова, Я. Демека, А. В. Позднякова, Ю. Г. Симонова, Г. С. Ананьева и др.) привело к выводам о необходимости оценки состояний рельефа, условий его саморазвития и т. п. Под «*устойчивостью рельефа*» понимают способность его сохранять положение, конфигурацию, форму, направленность в развитии. Например, под устойчивостью междуречий понимают способность сохранять в процессе развития свой морфологический тип.

Процесс функционирования рельефа даже в одних и тех же условиях различен на разных иерархических уровнях. При эволюции рельефа появляются новые устойчивые элементы структуры, неустойчивые же – исчезают при смене процессов рельефообразования. Например, изменения в положении тальвегов долин, так же как и междуречий низких порядков, с течением времени приводит к изменению других элементов рельефа. Появление нового порядка рельефа – это, по мнению И. Г. Черванева, – небольшая «революция» и в структуре, и в функционировании, т. е. скачок с изменением геоморфологической системы (катастрофа).

Обратим внимание еще на одну особенность развития геоморфологических процессов – рубежи их активизации. Границы ландшафтно-климатических зон являются участками, где с наибольшей интенсивностью протекают процессы денудации и аккумуляции. Это объясняется тем, что вблизи таких границ существует максимальное несоответствие между формами рельефа, созданными в условиях одной природной зоны и характерных для данных условий, и рельефом, характерным для другой зоны. Чем резче природные границы, тем сильнее проявляется несоответствие между их рельефом, и тем интенсивнее протекают вблизи таких границ геоморфологические процессы. Пограничные участки, где интенсивность последних в сумме максимальна, называют «*рубежами активизации геоморфологических процессов*». Изучение такой особенности рельефообразования показало, что, по данным суммарного стока, наибольший эффект денудации проявляется там, где еще сильно проявляется физическое выветривание, и уже достаточно сильно – химическое. Переходные зоны между лесными и безлесными областями (саванны, лесостепи, лесотундры) являются наименее устойчивыми к процессам денудации. В горных районах вблизи верхней границы леса густота эрозионной сети возрастает почти вдвое, по сравнению с расчлененностью склонов в лесной зоне. Эти закономерности позволяют прогнозировать распределение катастрофических процессов.

Другим свойством развития катастрофических процессов является возникновение цепочки или нескольких параллельных цепочек процессов-следствий, имеющих как мгновенный, так и отдаленный во времени эффект. Выше уже было показано, что, если землетрясение происходит в горной области, вариант такой цепочки может содержать последовательный ряд процессов: сейсмическое сотрясение – разжижение грунта – деформация поверхности (обвалы, оползни, сльвы, трещины) – селевые потоки – трансформация рельефа на дне селевых долин – образование плотинных озер – спуск воды из озер, и т. д. Для того, чтобы вновь образованный рельеф стал устойчивым, необходимо его приспособление к ограничивающим условиям. Это длится несколько сотен, а иногда и тысяч лет.

Потери от природных и природно-антропогенных стихийных бедствий

Стихийные бедствия наносят заметный ущерб как природе, так и хозяйственной деятельности человека. К сожалению, единой системы оценок опасных и катастрофических процессов пока не существует. Причиной является то, что материальные потери оцениваются с неодинаковых позиций и для разных промежутков времени: 1) по степени уничтожения предприятий, сооружений, земель по их балансовой стоимости; 2) по прогнозу будущего ущерба, т. е. по определению невозможности посевов, строительства и др. на территориях, затронутых опасными и катастрофическими процессами; 3) по ущербу в результате гибели или заболевания среди населения; 4) по стоимости восстановления предыдущего состояния природного или природно-антропогенного объекта; 5) по комплексу других расходов (новые дороги, переселенчество и пр.). Одной из основных проблем определения потерь является невозможность количественной оценки возникших и будущих ситуаций. Социально-экологический ущерб от стихийных бедствий и загрязнения природной среды в развитых странах достигает 2% валового национального продукта. В нашей стране он составлял десятки млрд рублей (в ценах 1990 г.). Рост населения во многих странах, концентрация его в городах резко повысили угрозу поражения природными стихийными явлениями. Сложность прогнозирования потерь от катастроф заключается в том, что источник опасности иногда является и источником благосостояния, как, например, вулканические извержения, наводнения и др.

Прогноз катастроф при рельефообразовании, как и природных катастроф вообще, возможен при достаточно полной информации о современных и древних природных процессах, плотности населения, растительности, животного мира.

Оценка ущерба от наводнений с определенным интервалом повторяемости производится, исходя из трех основных положений: 1) наличия заиливания и соответствующего повышения уровня воды; 2) размыва и обрушения склонов; 3) перестройки рельефа на дне долин. Например, восстановительные работы в бассейне р. Брисбен (Австралия) обошлись в 75 млн долларов. Значительные наводнения, после которых требуются подобные восстановительные работы, бывали в этом регионе в 1950, 1955, 1956, 1961,

1971, 1974 гг. Следовательно, можно было попытаться прогнозировать ущерб.

В США ущерб от наводнений в 1966 г. составил в разных областях: а) на севере Атлантического побережья – 63–70 млн долларов; б) на юге Атлантического побережья – 44–123 млн; в) в районе Великих озер – 13–33 млн; г) в бассейне р. Огайо – 55–76 млн; д) в нижнем течении р. Миссисипи – 43–86 млн.; е) в бассейне р. Миссури – 44–167 млн; ж) в бассейне р. Рио-Гранде – 12–14 млн долларов. В целом же ущерб от наводнений в США в 1966 г. оценивался в 643–1094 млн долларов, а к 2020 г. прогнозируется в 3 млрд долларов. Причинами таких наводнений ожидаются катастрофические ливни, а на берегах морей – приливы. Величина ущерба от ураганов заметно меньше – около 150 млн долларов. Еще меньше в этом отношении роль землетрясений, происходящих вдоль западного побережья США.

В Японии ущерб от стихийных бедствий составляет от 1 до 2% валового национального продукта. Тайфуны при этом «обеспечивают» 70–80% общего ущерба.

Самой трудной проблемой является оценка стоимости человеческой жизни, потерянной при катастрофах. В США принималась в качестве денежного эквивалента жизни одного человека сумма от 75 тыс. до 360 тыс. долларов (на 1975 г.). Первая сумма соответствовала максимальной страховой сумме, выплачиваемой авиакомпаниями за смерть пассажира в международных рейсах (по Варшавской конвенции). Вторая сумма устанавливала компенсацию за смерть человека или за его увечье по судебным решениям [3].

Различные по видам проявления катастрофы оцениваются по-разному из-за неодинаковых условий. По данным ЮНЕСКО, с 1926 г. по 1950 г. от землетрясений, например, погибло около 350 тыс. человек, а ущерб оценен в 10 млрд долларов. В малонаселенном районе Новой Зеландии в 1968 г. нарушение инженерных и транспортных коммуникаций было оценено (и выплачены деньги!) в 2,5 млн долларов, при двух жертвах. В 1971 г. в долине Сан-Фернандо в Калифорнии (США) погибло более 65 человек, а ущерб был оценен в 500 млн долларов.

В 1954 г. в США был принят закон о «Защите областей водосбора и предотвращении наводнений»; позже (в 1956 г.) – «За-

кон о страховании от наводнений». В последнем случае специальный страховой фонд составил в то время примерно 400 млрд долларов.

Сложности в подсчетах иногда заставляют значительно «округлять» суммы ущерба от стихийных бедствий. Так, ущербы от селей в мае 1993 г. в Таджикистане были оценены в 100 млрд руб.; от тайфунов в Приморье (за 1989–91 гг.) – в 80 млрд руб; от урагана в Пермской области в 1993 г. – 20 млн руб.

В этой связи интерес представляет общая оценка ущерба от крупных катастроф в мире (табл. 2.4.3). Она показывает, что общий застрахованный (т. е. документально оформленный) ущерб от стихийных бедствий составляет 76% от общего ущерба. Это заставляет уделять больше внимания развитию природных процессов, не умаляя значимости антропогенных катастроф.

Таблица 2.4.3

Мировая статистика крупных катастроф за 1994 г. (по данным Н. Воробьева, 1995, из бюллетеня «Сигма», 1995, №3)

Вид катастрофы	Число катастроф данного вида	Общее количество жертв	Общий застрахованный ущерб, млн долл.
Стихийные бедствия	136	11 566	14 427
Пожары и взрывы	39	895	1 604
Авиакатастрофы	35	1 456	2 236
Кораблекрушения	40	2 993	362
Транспортные аварии	58	1 638	?
Аварии в шахтах	9	444	553
Обвалы зданий и мостов	14	373	120
Прочие	16	1 152	45
Всего	350	20 517	18 847

2.4.1.6. Выводы

Таким образом, катастрофы в рельефообразовании – скачкообразные изменения геоморфологических систем. Понятно, что не всякий процесс рельефообразования с экстремальными скоростями может оказаться катастрофическим. Даже часть быстрых изменений в системах обуславливает всего лишь «мягкую» потерю устойчивости рельефа, при которой структура и размеры системы остаются прежними. К данной категории процессов относится, например, четвертичное оледенение Земли. Оно нарастало в течение десятков тысяч лет и не характеризовалось скачкообразным распространением ледников.

Положение геоморфологической системы во многом связано с существующими тектоническими, структурно-литологическими и климатическими условиями, определяющими ее равновесие. При их нарушении возможно изменение самой системы. Соответственно, катастрофические процессы нельзя рассматривать вне времени и пространства. Влияние первого фактора обуславливает повторяемость процессов; второго – местоположение и структуру рельефа.

Для истории рельефа *катастрофы* – такая же нормальная форма существования природных процессов и развития, как и периоды постепенного изменения, обычно называемые эволюционными. Это требует анализа повторяемости и объема процессов при оценках денудации и аккумуляции.

Прогноз развития катастрофических процессов рельефообразования зависит от устойчивости геоморфологических систем – речных долин, междуречий, ледников, речных бассейнов, и пр. Поскольку каждый комплекс рельефа находится на определенной стадии развития (начальной, основной, завершающей), то прогнозирование катастроф следует начинать с оценки состояния системы. Обычно в течение начальной или основной стадии развития катастрофические процессы проявляются гораздо реже, чем на завершающей стадии.

Цепочка преобразований земной поверхности начинается не с вмешательства человека, а гораздо раньше – с медленно или быстро протекающих рельефообразующих процессов. Хозяйственная

деятельность находится в середине или даже в конце такой цепочки, хотя по значимости она иногда может превышать эффект природных катастрофических процессов. Очевидно, что должны существовать региональные пределы хозяйственного освоения территорий и акваторий.

Геоморфологические катастрофы во многих случаях становятся и катастрофами социальными (либо биологическими), поэтому исследование их и разработка соответствующих прогнозов и рекомендаций по профилактике являются важнейшими задачами экологической геоморфологии.

Вопросы

1. *Приведите разные толкования понятия «катастрофа» («катастрофический процесс»).*
2. *Что такое «аттрактор» (в контексте катастрофических процессов)?*
3. *Что такое «устойчивость рельефа»?*
4. *Что такое «суперволны» в Мировом океане; каковы причины их возникновения и возможные последствия?*
5. *Приведите примеры геоморфологических катастроф, произошедших в XXI в.*

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ананьев Г. С.* Катастрофические геоморфологические процессы. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. 102 с.
2. *Арнольд В. И.* Теория катастроф. М.: Наука, 1990. 128 с.
3. *Болт Б. А., Хорн У. П., Макдоналд Г. А. и др.* Геологические стихии. М.: Мир, 1978. 439 с.
4. *Борисенков Е. П., Пасецкий В. М.* Тысячелетняя летопись необычайных явлений природы. М.: Мысль, 1988. 522 с.
5. *Гилмор Р.* Прикладная теория катастроф. М.: Мир, 1984. Кн. 1 и 2.
6. *Гир Дж., Шах Х.* Зыбкая твердь. М.: Мир, 1988. 220 с.
7. *Горшков С. П.* Экодинамические процессы освоенных территорий. М.: Недра, 1982. 286 с.

8. Динамическая геоморфология. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. 448 с.
9. Зимов С. А. Резонансный прилив в Мировом океане и проблемы геодинамики. М.: Наука, 1989. 120 с.
10. Краткий политехнический словарь / Гл. ред. Ю.А. Степанов. М., 1955.
11. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. М.: Министерство охраны окружающей среды РФ, 1992.
12. Кукал З. Скорость геологических процессов. М.: Мир, 1987. 246 с.
13. Легgett P. Города и геология. М.: Мир, 1976. 559 с.
14. Мягков С. М. География природного риска. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995. 224 с.
15. Старкель Л. Рельефообразующая роль экстремальных (катастрофических) метеорологических явлений // Проблемы климатической геоморфологии. Владивосток: ТИТ ДВНЦ, 1978. С. 60–67.
16. Шайдеггер А. Е. Физические аспекты природных катастроф. М.: Недра, 1981.
17. <http://lenta.ru/story/pozhary/>
18. <http://ru.wikipedia.org/>

2.4.2. Эрозия почв

Неоднозначность наименований различных начальных звеньев в системе речных водосборов была показана Д. А. Тимофеевым в работе «Терминология флювиальной геоморфологии», вышедшей в 1981 г.

Термины «плоскостной смыв» и «овраг» часто корнями уходят в народные определения тех или иных разномасштабных форм рельефа, от мелких промоин до оврагов и балок. Размер и морфология тех или иных форм рельефа может служить показателем типа процесса и его интенсивности. Если с оврагами и овражной эрозией всё более или менее ясно, то с плоскостным сносом, т. е. тотальным процессом денудации склонов, на которых преобладает процесс делювиального смыва, все не так однозначно. Большое количество работ касается величины смыва с земель, находящихся в хозяйственном использовании, и рассматривает изменение величины смыва в зависимости от различных способов обработки угодий под различными сельскохозяйственными культурами. Среди работ, посвящённых пробле-

мам эрозионно-аккумулятивных процессов на склонах, обязанных плоскостному смыву, выделяются работы Л. Ф. Литвина [5] и В. Н. Голосова [4], а также более ранняя работа А. П. Дедкова и В. А. Мозжерина «Эрозия и сток наносов на Земле» (1984). Указанные авторы используют бассейновый подход к проблемам сноса и аккумуляции, перераспределения сносимого материала, а также опираются на системный анализ, вскрывающий особенности функционирования геосистем разного ранга.

Исследователи эрозионно-аккумулятивных процессов на склонах речных бассейнов ныне опираются на выдвинутое предложение Н. И. Маккавеева (1955) рассматривать русло реки и её бассейн как единую эрозионно-аккумулятивную систему, все звенья которой находятся в тесном взаимодействии. В работах по изучению функционирования бассейновых систем принято подразделять сток наносов на русловую составляющую, формирующуюся в процессе развития русла реки, и бассейновую, включающую снос и перераспределение продуктов денудации водосборов, доставляемых временными склоновыми потоками и временными водотоками в линейных формах рельефа – оврагах и балках – в русло реки. Морфологический анализ подобных систем был предложен Ю. Г. Симоновым (1972) и в дальнейшем развивался его учениками и последователями.

Для получения количественных оценок эрозионно-аккумулятивных процессов используются методы прямых наблюдений на стоковых стационарных площадках или малых склоновых водосборах. Результаты наблюдений на стоковых площадках отражают динамику темпов смыва во времени в зависимости от известного сочетания факторов, определяющих интенсивность процесса, а также служат основой для создания эмпирических моделей смыва.

Экспериментальные методы изучения плоскостной и овражной эрозии, подразделяемые на полевые и лабораторные, также позволяют «в чистом виде», при контроле за различными факторами, получить разные сценарии развития того или иного процесса и создаваемых им форм рельефа. Сравнение результатов с натурной картиной позволяет корректировать и углублять экспериментальные исследования. В названных выше работах даются методы изучения сноса (в том числе – метод маркёров, который широко начал применяться в последние десятилетия).

Картографический и дистанционный методы исследования применяются достаточно давно и дают отличные результаты при исследовании крупномасштабных карт, планов, аэрофотоснимков на стационарных площадках и участках.

Важнейшим методом познания динамики процессов за длительные периоды времени, включая их изменчивость и интенсивность, являются стационарные наблюдения (в частности, с рядами наблюдений в десятки лет). К стационарам с длительным рядом наблюдений можно отнести, например, Сатинский учебно-научный полигон географического факультета МГУ, на котором оттачивались методики изучения плоскостного смыва и овражной эрозии, проводимого исследователями кафедры геоморфологии и лабораторией эрозии почв и русловых процессов.

2.4.2.1. Плоскостной смыв

Плоскостной смыв как процесс – это смыв и размыв, транспорт и аккумуляция почв и поверхностных грунтов временными пластово-струйчатыми склоновыми водными потоками; основные свойства процесса определяются законами движения воды, сопротивления подстилающего субстрата и морфологией склонов (по Л. Ф. Литвину [4], с незначительными уточнениями).

Морфология склонов, а точнее, их микрорельеф, даёт отчётливое представление о характере смыва и размыва. Ламинарные потоки не создают струйчато-бороздового рельефа, он появляется при переходе к турбулентному движению, т. е. при достаточно высоких значениях числа Рейнольдса.

Количественные характеристики объёма сноса определяются по скорости заиления водохранилищ, реже – по аккумуляции наносов в нижних частях склона. Приводимые разными авторами величины смыва в разных регионах колеблются весьма существенно, отличаясь на один-два порядка и более, и редко бывают обобщены. Большинство авторов отмечает зависимость смыва от уклона, расстояния от водораздела, свойств грунтов, характера растительности и хозяйственного использования. Иногда эти зависимости выражаются в виде эмпирических формул, но, как правило, формулы справедливы лишь в частных случаях и неприемлемы для других регионов.

Процесс делювиального смыва включает две основные разновидности – плоскостной (струйчатый) и бороздчатый. Известно, что скорость смыва резко увеличивается при проявлении борозд. Экспериментально доказано Г. Фостером и Л. Майером [3], что при уклоне, равном 8° , бороздчатый смыв на порядок интенсивнее плоскостного (табл. 2.4.4).

Данные таблицы 2.4.4 позволяют сделать вывод о том, что в разных географических поясах и природных зонах интенсивность сноса материала различается весьма существенно. Смыв с полей по натурным данным, как правило, не выходит за пределы 10 мм; на возвышенностях и в горах фиксируется, в целом, заметно больший снос, чем на низменностях (при сходной залесенности). Очевидный вывод о влиянии типа рельефа и характера склонов бассейнов отчётливо подтверждается количественными данными.

Массовая распашка земель является основной причиной увеличения бассейновой (склоновой) составляющей в стоке наносов рек равнин умеренного пояса. По данным В. Н. Голосова [4], в пределах пашни переоткадывается от 10 (для крутых выпуклых склонов) до 80% (для вогнутых склонов) наносов, вовлечённых в перенос склоновыми потоками. Оценки, полученные разными методами, дают накопление до 40% смытого на пашне материала.

При неконцентрированном стоке наносы, вынесенные за пределы пашни, в основном, задерживаются у необрабатываемых подножий склонов (делювиальные шлейфы) – до 100% при протяжённости залуженной части подножья склона > 100 м.

В случае неконцентрированного стока доля аккумуляции наносов в пределах нераспахиваемой части склонов обратно пропорциональна мутности стока и расстоянию до бровок линейной эрозионной формы.

Общее понижение междуречий (без учёта их расчленения овражно-ложбинной сетью) за период земледельческого освоения в 100–200 лет при современных темпах смыва составило, в среднем, для разных регионов Русской равнины примерно 30–170 мм [4].

Наибольшая активность делювиального смыва наблюдается в семиаридных и аридных условиях, чему способствует разреженность растительного покрова. Так, в Монголии за один

Таблица 2.4.4

Сводные данные по скоростям современного поверхностного смыва (на основе работы О. А. Борсука, И. И. Спасской, Д. А. Тимофеева, 1977)

Район	Тип денудации	Скорость денудации	Метод получения данных
Великобритания	Овражная эрозия, сели, плоскостной смыв	1,6 мм/год	Расчетные данные
Бельгия	Смыв с полей	0,2-4 мм/год	Натурные измерения
Среднерусская возвышенность	Склоновый смыв	4-6 мм/год	По аккумуляции позднего олоценового аллювия
Казанское Поволжье	Эрозия почв	0,02-2 мм/год	Натурные измерения
Минусинская котловина	Поверхностный смыв и дефляция	1-3 мм/год	
Бассейн р. Потомак (США)	Склоновый смыв	0,1-10 мм/год	
Альберта (Канада)	Поверхностный смыв на бедленде	до 20 мм/год	
Флишевые Карпаты: А) лес, луга Б) пропашные культуры В) озимые культуры Г) пастбища	Смыв почв	0,00016-0,00039 мм/год	
		1,28-9,6 мм/год	
		0,004 мм/год	
		0,0002-0,0043 мм/год	
Горные склоны Предкарпатья	Склоновый смыв	0,35 мм/год	
Предкарпатье: участки с разным агрофоном	Смыв почв	0,2-0,5 мм/год	
Копетдаг	Денудация горных склонов (смыв)	0,4-1 мм/год	По анализу корневой арчи
Дарджилинг (Гималаи)	Склоновый смыв (катастрофический)	0,7 мм/год-5 мм/год	Натурные наблюдения

дождливый месяц с ливнями было смыто 0,96 мм. Вместе с тем, подобные «одноразовые» наблюдения могут дать завышенные характеристики смыва, так как период наблюдения слишком мал.

Велика роль склонового смыва в перигляциальных условиях, где слаба инфильтрация в мёрзлый грунт. Особенностью проявления поверхностного смыва в перигляциальной зоне является сочетание механического действия с термическим. Обычно прослеживается сочетание делювиального смыва с солифлюкцией. При промерзании деятельного слоя происходит подтягивание влаги к фронту промерзания, где образуются многочисленные ледяные линзы и прослойки; ниже, до кровли многолетнемерзлых пород, находится малольдистый проницаемый грунт. Весной, при таянии верхнего льдистого прослоя, возникает поверхностный сток, который осуществляет довольно значительную работу. В это время образуются многочисленные полосчатые формы микро рельефа и промоины. Позднее, когда оттаивание достигает большой глубины, талая вода фильтруется вглубь и переувлажняет горизонт, лежащий над кровлей мерзлоты, вызывая активизацию солифлюкционного процесса. Появляются характерные для тундровой (перигляциальной) зоны склоновые микроформы рельефа – делли.

В целом модульные величины делювиального смыва (как отмечалось, на слабо задернованных и обнаженных от растительности склонах) составляют обычно от первых тонн до первых десятков т/га в год; реже – преимущественно при сведении естественной растительности во влажном климате – до первых сотен т/га в год.

2.4.2.2. Овражная эрозия

Термин «овражная эрозия», или линейная эрозия, вошёл в научную литературу для обозначения процессов преобразования и развития отрицательных линейных форм рельефа под действием временных русловых потоков [6].

Вопрос о происхождении и развитии овражной сети, естественной и антропогенной, относится к важнейшим в прикладной и экологической геоморфологии, так как позволяет давать прогноз овраж-

ной эрозии, необходимый при использовании земель для хозяйственных нужд. Изучение овражной эрозии по различным регионам России, в основном – юга лесной, лесостепной и степной зон – продолжается около века. Были созданы стационары (как Академией наук РФ (СССР), так и рядом ведущих вузов страны), на которых отрабатывались методики изучения оврагов и их эволюция в различных природных и хозяйственно-территориальных образованиях.

Пожалуй, с 1950–х годов начинается планомерное изучение овражной эрозии и ведётся направленная борьба с ней. В 70-е годы XX в. принимаются правительственные решения, направленные на борьбу с сельскохозяйственной эрозией, выделяются значительные средства.

В МГУ создаётся научно-исследовательская лаборатория эрозии почв и русловых процессов, ныне носящая имя её основателя Н. И. Маккавеева. В ней начинает весьма успешно трудиться в отделе эрозии почв коллектив исследователей под руководством М. Н. Заславского, а собственно овражной эрозией занимается под руководством Б. Ф. Косова, Е. Ф. Зориной добрый десяток молодых специалистов. Одновременно начинается издание сборников трудов лаборатории – «Эрозия почв и русловые процессы». Они выходят в свет и в наши дни.

Удалось установить, что большая часть оврагов (до 80% и более) относится к антропогенным, т. е. обязаны своим возникновением хозяйственной деятельности человека [6]. Выделяются три типа оврагов: склоновые, береговые и донные.

Склоновые овраги закладываются на склонах междуречий и речных долин, для них характерны большие площади водосборов с устойчивыми границами. Береговые овраги возникают на склонах гидрографической сети, прилегающих к пашне или частично распаханых. В отличие от склоновых, береговые овраги формируются на временных водосборах с неустойчивыми границами. Интенсивное расчленение откосов долин и балок оврагами этого типа произошло во время земельной реформы при незначительном росте площади пашни. Донные овраги в днищах балок или зарастающих оврагов появились также при распашке водосборов и/или прокладке дорог по днищам эрозионных форм, где исходными были рытвины в колеях.

Таблица 2.4.5
Количество оврагов разных типов с начала XVII до начала XX вв. по фиксированным периодам роста площади вырубки лесов (распашки) (Косов, Зорина и др., 1989)

Периоды сведения лесов (распашка)	Площадь сведения лесов (распашка)		Общее количество оврагов		Тип оврагов	Количество оврагов разных типов		Плотность оврагов на пашне, ед/км ²	Продолжительность периода		Скорость увеличения количества оврагов, ед/год	Модуль роста количества оврагов, ед/год, км ²
	Годы	Дет %	м ²	%		Единиц	%		Единиц	%		
1600–1785	185 60		815	51	Береговые	2020	84	2,48	185	309	6,54	0,008
1785–1854	69 22		469	29	Склоновые	247	10	0,30	69	124	1,34	0,0015
1854–1909	55 18		316	20	Донные	146	6	0,18	55	55	0,79	0,001
Итого	309 100		1600	100	Береговые	1440	85	3,07	309		11,61	0,025
					Склоновые	162	9	0,35			2,35	
					Донные	96	6	0,20			1,39	
					Береговые	1640	72	5,19			29,82	0,094
					Склоновые	230	10	0,73			4,18	0,013
					Донные	413	18	1,31			7,51	0,024
					Береговые	5100	80	3,19			16,50	0,010
					Склоновые	639	10	0,40			2,12	0,0013
					Донные	655	10	0,41	309	309	2,12	0,0013
					Всего	6394	100	4,0			20,69	0,013

В таблице 2.4.5 [6] показано увеличение количества оврагов разных типов по фиксированным периодам роста площади выруб-ки леса (распашки). Количество оврагов всех типов заметно растёт с ростом площади сведённых лесов (пашни). Количество оврагов, возникающих на единицу прирастающей площади, тоже непрерывно возрастает.

Интенсивность овражной эрозии предопределяется комплексом факторов – геолого-геоморфологических, климатических и гидрологических, почвенно-растительных. Наряду с ними, приходится учитывать антропогенные факторы, прежде всего – неграмотное хозяйственное использование склоновых земель. Для количественной оценки потенциальной опасности оврагообразования важен учет факторов, приводящих к появлению линейных эрозионных форм.

Рост оврагов может быть оценен следующими показателями: изменением их объёма, глубины, площади, ширины и длины. Выбор показателей зависит от конкретной решаемой задачи. Для определения интенсивности сноса достаточно определения объёма оврага за тот или иной интервал времени.

Изменения морфологических параметров оврагов обусловлены закономерностями изменения структуры и интенсивности овражной эрозии на разных стадиях развития оврага и, очевидно, находятся в тесной взаимной связи.

Основным источником сведений о росте оврагов на территории России (и в прошлом – СССР) являются многочисленные стационарные и картографические данные о линейном (вершинном) росте эрозионных форм.

Основное количество оврагов возникло в историческое время в результате нерациональной хозяйственной деятельности (>75%), около 15% всех данных относится к оврагам, возникшим на дорогах и в населённых пунктах, около 5% – на лесоразработках и в единичных случаях – при ирригации на пастбище.

Средняя скорость роста оврагов меняется в значительных пределах и зависит как от ситуации в бассейне, так и от характера использования земель. Для большинства овражных систем лесной зоны она лежит в пределах 0,1–2 м/год, хотя возможны катастрофические локальные изменения овражной эрозии, когда ли-

нейный рост оврага может достигать 10 и более м/год. В степной зоне характерные скорости регрессивного роста оврагов – на порядок больше.

Механизм овражной эрозии на разных стадиях развития оврагов изучался не только на стационарах, но и на моделях [6].

Проведённые опыты позволяют прийти к выводу, что на интенсивность роста и размера оврага наибольшее влияние оказывает глубина базиса эрозии и форма склона, а также стадия развития формы. Они определяют непосредственно габариты оврага и влияют через изменение уклона, при прочих равных условиях – на скорости потока, изменение его транспортирующей способности и, в конечном счёте, на рост оврага.

При значительных крутизне прорезаемой поверхности и глубине базиса эрозии верховья оврага могут настолько близко подходить к линии водораздела, что ширина зоны «непроявляющейся» эрозии становится исчезающе малой величиной.

Различная форма склона влияет на размывающую способность потока на первых этапах развития, определяя интенсивность линейного, а особенно объёмного, роста оврага. Форма склона влияет на предельный объём оврага: на выпуклом склоне он значительно больше, чем на прямом, естественно, – при прочих равных условиях. В природных условиях и в лабораторном эксперименте выделяются три стадии развития оврагов: молодости, зрелости и дряхлости, т. е. затухания процесса оврагообразования. Зрелая стадия развития оврага занимает основное время его существования, до 80–85%.

Картографирование овражной эрозии, по различным показателям, таким как густота овражной сети, скорость её роста, потенциал опасности развития оврагов по территории СССР и отдельным областям России, даёт возможность оценить опасность овражной эрозии для той или иной территории и для различных отраслей народного хозяйства, в том числе для строительства дорог, трубопроводов и других линейных протяжённых объектов.

К изложенному следует добавить, что иногда к эрозии почв относят и интенсивную дефляцию на сельскохозяйственных угодьях (главным образом – на пашнях). На территориях с нарушенным

растительным покровом в областях с дефицитным увлажнением интенсивность дефляции возрастает нередко в 30–50 раз, по сравнению с поверхностями с естественным покровом, в гумидных областях – в 5–6 раз. Во время катастрофических пыльных бурь в семиаридных условиях она может достигать сотен, иногда первых тысяч т/га (в переводе на год) [2].

Эрозия почв – комплексный процесс, который в определенных природных условиях и при нерациональном подходе к освоению земель нередко ведет к сокращению или качественному ухудшению земельных ресурсов, т. е., в конечном итоге, – понижению качества среды обитания человека.

Вопросы

- 1. Перечислите геоморфологические процессы, объединяемые понятием «эрозия почв».*
- 2. Охарактеризуйте основные факторы и интенсивность делювиального смыва.*
- 3. Каковы основные факторы и скорости овражной эрозии?*
- 4. Какова возможная интенсивность дефляционных процессов в семиаридных областях?*
- 5. Что такое «антропогенные овраги»?*

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Большов С. И. Факторы и скорости современной регрессивной эрозии на юго-западе Подмосковья (бассейн р. Протвы) // Эрозионные и карстовые процессы на территории Русской равнины. М.: Изд. МФГО, 1987. С. 48–55.*
- 2. Большов С. И. Биогенное рельефообразование на суше. Том 2: Зональность. М.: ГЕОС, 2007. 466 с.*
- 3. Борсук О. А., Спаская И. И., Тимофеев Д. А. Вопросы динамической геоморфологии // Геоморфология. М., 1977. Т. 5. 149 с. (Итоги науки и техники / ВИНТИ).*

- 4. Голосов В. Н. Эрозионно-аккумулятивные процессы в речных бассейнах освоенных равнин. М.: Геос, 2006. 296 с.*
- 5. Литвин Л. Ф. География эрозии почв сельскохозяйственных земель России. М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. 255 с.*
- 6. Косев Б. Ф., Зорина У. Ф. и др. Овражная эрозия. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989. 166 с.*
- 7. Эрозионные процессы / Под ред. Н. И. Макавеева, Р. С. Чалова. М., 1984. 256 с.*

Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ – <i>С. И. Большов</i>	3
------------------------------------------	---

1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ЭКОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИМ ИССЛЕДОВАНИЯМ

8

1.1. Введение в экологическую геоморфологию – <i>Ю. Г. Симонов</i>	8
1.1.1. Основные проблемы и подходы	8
1.1.2. Эколого-геоморфологические обстановки и ситуации	13
1.1.3. Экологический кризис и проблема его изучения	21
1.1.4. Главная стратегия экологической геоморфологии	29
1.2. Типы геоэкологических ситуаций, роль рельефа в них и принципы их анализа – <i>В. И. Мысливец</i>	40
1.2.1. Экология и геоэкология	40
1.2.2. Типы геоэкологических ситуаций и роль рельефа в них	43
1.3. Эколого-геоморфологическое картографирование – <i>Ю. Г. Симонов</i>	53
1.4. Экологические аспекты палеогеографии – <i>О. Н. Лефлат</i>	59

2. КЛЮЧЕВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ГЕОМОРФОЛОГИИ

72

2.1. Рельеф как важнейшее условие жизни человека – <i>С. И. Большов, Ю. Н. Фузеина</i>	72
2.2. Геоморфологический анализ путей миграции и аккумуляции загрязняющих веществ – <i>Т. Ю. Симонова</i>	81
2.3. Биоэкологические функции рельефа – <i>С. И. Большов, Г. А. Сафьянов</i>	95
2.3.1. Взаимосвязи рельефа и организмов как важнейший элемент функционирования биогеоценозов	95
2.3.2. Геоморфологические основы функционирования геосистемы береговой зоны океана	109
2.3.2.1. Береговая зона океана как геосистема	109
2.4. Катастрофические и неблагоприятные геоморфологические процессы	120

2.4.1. Катастрофические геоморфологические процессы – <i>Г. С. Ананьев</i>	120
2.4.1.1. Вводная часть	120
2.4.1.2. Основные направления в исследованиях катастрофических процессов	122
2.4.1.3. Экстремальные проявления эндогенных и эндо-экзогенных процессов	129
2.4.1.4. Экстремальные проявления современных экзогенных процессов	135
2.4.1.5. Подходы к оценкам геоморфологического риска и потери от природных и природно-антропогенных стихийных бедствий	144
2.4.1.6. Выводы	152
2.4.2. Эрозия почв – <i>О. А. Борсук</i>	154
2.4.2.1. Плоскостной смыл	156
2.4.2.2. Овражная эрозия	159

Учебное издание

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОМОРФОЛОГИЯ

Ключевые направления

Под ред. С. И. Большова

Редактор В. А. Стряпчий
Верстка Т. Г. Левчич
Корректор Л. С. Горюнова

Подписано в печать .2013. Формат 60x90/16. Печать РИЗО.
Усл. печ. л. 10,5. Тираж 100 экз. Заказ № .
Отпечатано в Полиграфическом отделе географического факультета.
119991, Москва, Ленинские горы, МГУ им. М. В. Ломоносова, географический
факультет.