

УДК 55; 504; 574

В.Т. Трофимов<sup>1</sup>

## ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ФАКТОРЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

Эколого-геологические условия рассматриваются как обстановка, созданная комплексом современных морфологически выраженных геологических факторов, которые влияют на особенности функционирования биоты, включая человека, в рамках эколого-геологической системы. Охарактеризованы факторы (компоненты) эколого-геологических условий и формирования эколого-геологических условий, роль антропогенного (техногенного) воздействия в трансформации эколого-геологических условий.

*Ключевые слова:* экологическая геология, эколого-геологическая система, эколого-геологические условия, факторы (компоненты) эколого-геологических условий, факторы формирования эколого-геологических условий.

Ecological geological conditions are considered as a situation formed by complex of modern morphologically reflected geological factors influencing the peculiarities of biota (including man) functioning in the framework of ecological geological system. Factors (components) of ecological geological conditions, factors of their formation and role of anthropogenic (technogenic) impact in the transformation of ecological geological conditions are characterized.

*Key words:* ecological geology, ecological geological system, ecological geological conditions, factors (components) of ecological geological conditions, forming factors of ecological geological conditions.

**Введение.** Экологическая геология исследует верхние горизонты литосферы как один из основных абиотических компонентов экосистемы высокого уровня организации — от биогеоценоза до экосферы [Теория..., 1997; Трофимов, Зилинг, 2002]. Эти горизонты литосферы изучаются как эколого-геологические системы, главное отличие которых заключается в наличии и взаимодействии в пространстве и времени геологического абиотического и живого компонентов.

*Эколого-геологическая система — определенный (в принципе с любым размером) объем литосферы с функционирующей непосредственно в нем или на его поверхности биотой, включая человека и социум.* Она исследуется как многокомпонентная система, включающая породы, подземные воды, нефть и газы, геохимические и геофизические поля и протекающие в ней геологические процессы, влияющая на существование и развитие биоты, в том числе и человеческого сообщества. Теоретический объем и структура эколого-геологической системы при таком ее понимании охарактеризованы в работе автора [Трофимов, 2009].

Экологическая геология исследует четыре типа эколого-геологических систем: 1) природная эколого-геологическая система реальная; 2) природная эколого-геологическая система идеальная; 3) природно-техническая эколого-геологическая система идеальная; 4) природно-техническая эколого-геологическая система реальная [Трофимов, Зилинг, 2002]. Их изучение проводится с принципиально новых, присущих только экологической геологии позиций. Она рассматривает их в связи с оценкой влияния геологических факторов, прежде всего вещественных и энергетических, на биоту, включая человека и социум. Их характеристика осуществляется на основе

изучения экологических свойств и функций литосферы [Трофимов, Зилинг, 2002; Экологические..., 2000], совокупность которых определяет эколого-геологические условия системы.

**Эколого-геологические условия: определение, факторы их определяющие.** Под *эколого-геологическими условиями* следует понимать обстановку, создаваемую комплексом современных морфологически выраженных геологических факторов, оказывающих влияние на особенности функционирования биоты, включая человека, в рамках эколого-геологической системы. Многообразие геологических особенностей, рассматриваемых при эколого-геологических исследованиях, не мешает выделить среди них комплекс определяющих, самых важных, которые в той или иной степени изучаются всегда. Этот комплекс включает восемь составляющих, которые называются факторами (компонентами) эколого-геологических условий: 1) геологическое строение местности и характер слагающих ее пород; 2) рельеф; 3) гидрогеологические условия; 4) мерзлотные условия; 5) геохимические условия; 6) геофизические условия; 7) ландшафтные особенности; 8) современные геологические процессы. Закономерное сочетание этих компонентов формирует эколого-геологический облик любого природного или техногенно измененного массива, региона, определяет его эколого-геологические условия (таблица). Именно эти компоненты формируют различные экологические свойства и функции литосферы.

Понятие «экологические функции литосферы» было введено в 1994 г. Под ними понимается все многообразие функций, определяющих и отражающих роль и значение литосферы, включая подземные воды, нефть, газы, геохимические и геофизические поля и протекающие в ней геологические процессы, в жизнеобеспечении биоты и главным образом че-

<sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, зав. кафедрой инженерной и экологической геологии, проф., докт. геол.-минер. н., e-mail: trofimov@rector.msu.ru

**Факторы эколого-геологических условий и факторы формирования эколого-геологических условий**

Факторы (компоненты) эколого-геологических условий		Факторы формирования эколого-геологических условий	
Региональные геологические	1. Мега- и мезорельеф 2. Состав, строение и свойства пород, условия их залегания и распространения 3. Условия залегания и химический состав подземных вод глубоких горизонтов 4. Геохимические поля, их неоднородность 5. Геофизические поля, их неоднородность 6. Характер эндогенных и экзогенных геологических процессов	Региональные геологические	1. Совокупность геологических процессов, реализованных в ходе истории геологического развития территории 2. Современное тектоническое развитие территории
Зональные геологические и ландшафтные	1. Современное состояние пород, их состав и свойства 2. Глубина залегания и химический состав грунтовых вод 3. Характер и интенсивность экзогенных геологических процессов 4. Ландшафтные особенности	Зональные	1. Теплообеспеченность территории 2. Увлажненность территории 3. Соотношение теплообеспеченности и увлажненности территории 4. Ландшафтные особенности
		Антропогенные (техногенные)	

ловеческого сообщества [Теория..., 1997; Трофимов, Зилинг, 2002]. Научная концепция экологических функций литосферы объединяет в единый круг рассматриваемых проблем многоплановое изучение роли литосферы как среды существования органической жизни — простейших ее форм, растительного и животного мира и человеческой популяции. С экологических позиций ее основное предназначение — ресурсное, включая пространственное, и энергетическое жизнеобеспечение биоты — реализуется через ресурсную, геодинамическую, геофизическую и геохимическую функции. Их содержание определяется так:

– *ресурсная экологическая функция* литосферы определяет роль минеральных, органических и органоминеральных ресурсов и геологического пространства литосферы для жизни и деятельности биоты как в качестве биогеоценоза, так и социальной структуры;

– *геодинамическая экологическая функция* литосферы отражает свойства литосферы влиять на состояние биоты, безопасность и комфортность проживания человека через природные и антропогенные процессы и явления;

– *геохимическая экологическая функция* литосферы отражает свойства геохимических полей (неоднородностей) литосферы природного и техногенного происхождения влиять на состояние биоты в целом, включая человека в частности;

– *геофизическая экологическая функция* литосферы отражает свойства геофизических полей (неоднородностей) литосферы природного и техногенного происхождения влиять на состояние биоты, включая человека.

Социально-экономические, нравственные, эстетические аспекты функциональных взаимодействий человека и природы автор оставил за рамками рассмотрения. Они выходят за пределы профессиональных геологических знаний и составляют сферу интересов социальной экологии.

Понятие об экологических функциях литосферы является базовым в экологической геологии. Именно на его основе сформировались основные понятия этого научного направления: экологические свойства литосферы, эколого-геологическая система и др. Названные виды экологических функций литосферы позволили обособить следующие научные разделы в структуре экологической геологии как науки: экологическое ресурсоведение, экологическая геодинамика, экологическая геохимия и экологическая геофизика.

Автор статьи и Д.Г. Зилинг [2002] предложили использовать эти фундаментальные понятия экологической геологии для определения содержания рассматриваемого термина: *эколого-геологические условия — совокупность конкретных экологических свойств и функций литосферы, определяющих современное состояние условий жизнедеятельности живых организмов в данном объеме литосферы как среде их обитания*. Эти условия могут изменяться как от места к месту, так и во времени в пределах одного массива, одного района. В последнем случае эколого-геологические условия как бы проходят ряд своих состояний, трансформируясь во времени от одного из них к другому. В связи с этим были введены понятие и термин «*состояние эколого-геологических условий*» — *временное их состояние, оцениваемое спецификой проявления одного, нескольких или совокупностью экологических свойств и функций литосферы в данный момент времени, которые определяют степень (уровень) благоприятности и возможности проживания живых организмов*. Именно поэтому при эколого-геологических работах необходимо использовать не только одни геологические критерии и показатели, но и биотические, и медико-санитарные, и социально-экономические показатели. Главное при этом — обязательный анализ функциональных зависимостей между всеми составляющими эколого-геологической системы — между ее эколого-геологическими условиями и состоянием биоты.

**О факторах формирования эколого-геологических условий.** В содержательном плане необходимо строго различать *факторы (компоненты) эколого-геологических условий и факторы формирования эколого-геологических условий* (таблица)<sup>2</sup>. Под первыми подразумевают со-

<sup>2</sup> Такое различие между «факторами условий» и «факторами формирования... условий» установлено в большинстве геологических наук. Например, оно четко определено в инженерной геологии, геокриологии.

временные, морфологически выраженные геологические особенности территорий, изучаемые в связи с оценкой их влияния на живое, причем именно современные и именно морфологически выраженные. Вторые — факторы формирования эколого-геологических условий — это эндогенно и экзогенно (включая техногенно) обусловленные особенности развития территории, которые являются **причиной**, создавшей наблюдаемые в настоящее время сочетания эколого-геологических факторов-параметров, эколого-геологических условий в целом. Из этого следует, что между факторами эколого-геологических условий и факторами их формирования существует причинно-следственная связь — вторые являются причиной, а первые — следствием действия вторых.

Факторы формирования эколого-геологических условий подразделяют на три группы (таблица). К первой относятся *региональные геологические факторы*, преимущественно эндогенные по природе. Вторую группу составляют экзогенные по природе *зональные факторы*, которые иногда называют зональными географическими, что в данном случае правомерно. Последняя, третья, группа включает *антропогенные (техногенные) факторы*.

Первая и вторая группа факторов действовали на всех этапах формирования эколого-геологических условий и определяющих их экологических свойств и функций литосферы: и на сугубо *природном*, охватывающем огромный по протяженности временной интервал от зарождения жизни (около 3,5 млрд л.н.) и до начала проявления техногенеза современной человеческой цивилизацией, и на *техногенно-природном* — более коротком по времени с длительностью в последние 200 лет [Трансформация..., 2006; Трофимов, Зилинг, 2005]. Главные особенности последнего, как следует из его названия, — появление и проявление принципиально новых факторов — антропогенных (техногенных), которые, действуя совместно с природными региональными и зональными факторами, во многом обуславливают трансформацию ранее сформировавшихся морфологических особенностей всех видов экологических свойств и функций литосферы, эколого-геологических условий в целом. И она существенным образом сказывается на условиях существования биоты, функционировании экосистем.

Следует отметить, что природные геологические условия и на втором этапе являются решающими в развитии литосферы в общепланетарном, да и в региональном (в подавляющем большинстве случаев) плане. Техногенные процессы, несмотря на широкое распространение, по масштабам, энергетике и экологическим последствиям уступают природным геологическим процессам, адаптироваться ко многим из которых биота часто просто не способна (например, извержения вулканов, землетрясения, сели, оползни и др.).

**Роль антропогенного (техногенного) воздействия в трансформации эколого-геологических условий.** Из таблицы следует, что антропогенное (техногенное) воздействие является одним из ведущих факторов формирования, точнее трансформации эколого-геологических условий на современном, техногенно-природном этапе их развития. Действуя совместно с природными факторами, антропогенное (техногенное) воздействие обуславливает главным образом локальную, местами регионально выраженную трансформацию экологических функций литосферы и эколого-геологических условий. Очень часто под влиянием таких воздействий происходят **негативные изменения их качества**. На урбанизированных территориях, в промышленных и горнодобывающих районах, в зонах интенсивного земледелия именно эти воздействия стали во многом определять комфортность существования, а часто и медико-санитарные условия жизни человека. По сути, такое качество эколого-геологических условий приобрели только в эпоху техногенеза, когда стали формироваться техногенные геохимические и геофизические аномалии. По площади распространения и глубине воздействия на биоту, включая человека, они значительно опаснее многих природных аномалий.

Однако антропогенное воздействие, осуществляемое целенаправленно, приводит **к положительной трансформации эколого-геологических условий**. В соответствии с этим сформулируем такую позицию: современный техногенно-природный этап развития экологических свойств и функций литосферы и эколого-геологических условий в целом, как в теоретическом, так и в практическом аспекте, может быть антропогенно регулируемым путем принятия согласованных управляющих решений и нормативно-правового законодательства. Это его принципиальное отличие от первого, сугубо природного по генезису, этапа развития экологических функций литосферы и образуемых ими эколого-геологических условий.

*Общие закономерности трансформации экологических функций литосферы и обусловленных ими эколого-геологических условий на современном этапе развития сформулированы в виде следующих положений:*

а) их трансформация, или изменение в пространстве и времени, — **закономерный процесс, один из этапов их развития в ходе эволюции Земли**, включающей и период техногенеза;

б) **трансформацию претерпели все экологические функции литосферы** — и ресурсная, и геодинамическая, и геохимическая, и геофизическая, причем наиболее резко это выражено в отношении первой и третьей функций;

в) трансформация всех экологических свойств и функций литосферы и формируемых ими эколого-геологических условий на этом этапе происходит под воздействием **и природных и техногенных факторов**,

причем первые — природные — являются определяющими;

г) техногенное воздействие обуславливает главным образом *локальную, местами регионально выраженную их трансформацию*, а часто — *формирование техногенных аномалий* — принципиально новое явление в истории развития эколого-геологических условий; *эти аномалии являются новым явлением по месту образования, интенсивности проявления и характеру воздействия на биоту*. Часто они совершенно не связаны с особенностями геологического строения территории и обусловлены или крупными авариями (например, «чернобыльский след»), или работой предприятий на привозном сырье. Но даже в случае разработки месторождений полезных ископаемых они возникают в его районе, но принципиально на новом месте;

д) *трансформация эколого-геологических условий на этапе техногенеза привела к усложнению полей их пространственного распределения*, особенно в районах интенсивной инженерно-хозяйственной и военной деятельности; основным природным фактором, влияющим на усложнение полей проявления экологических функций литосферы, является тектоника и связанный с ней вулканизм (они определяют реализацию сложных геологических процессов, приводя-

щих к гибели экосистем и отдельных территорий и, наоборот, к становлению новых территорий в других местах). Техногенный фактор изменения пространственных границ (полей) проявления функциональных зависимостей между компонентами литосферы и биотой связан с развитием техногенных загрязнений физической, химической и биологической природы (пространственно этот процесс приурочен к интенсивно используемым территориям мегаполисов, промышленным и горнодобывающим районам, т.е. имеет четкую зависимость от характера функционального использования геологического пространства).

**Заключение.** Эколого-геологические условия, как следует из изложенного, являются многофакторной динамичной системой, современные особенности которой определяются конкретным сочетанием ее экологических свойств и функций. Формирование и трансформация эколого-геологических условий на современном этапе определяются природными геологическими (региональными и зональными), ландшафтными и техногенными факторами. Последние, действуя совместно с природными факторами, обуславливают локальную, местами региональную очень быструю трансформацию ранее сформировавшихся эколого-геологических условий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Теория и методология экологической геологии / Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. 368 с.

Трансформация экологических функций литосферы в эпоху техногенеза / Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Ноосфера, 2006. 720 с.

Трофимов В.Т. Эколого-геологическая система, ее типы и положение в структуре экосистемы // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2009. № 2. С. 48–52.

Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Экологическая геология. М.: Геоинформмарк, 2002. 415 с.

Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Формирование экологических функций литосферы. СПб.: Изд-во СПб ГУ, 2005. 190 с.

Экологические функции литосферы / Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2000. 432 с.

Поступила в редакцию  
09.09.2009