

УДК 55; 504; 574

В.Т. Трофимов¹**ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО КАК ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КАТЕГОРИЯ — ЛИТОТОП ЭКОСИСТЕМ**

Охарактеризованы структура геологического пространства как экологической категории, факторы, определяющие его качество и ресурсный потенциал. Показаны положение геологического пространства в структуре эколого-геологической системы и экосистемы, критерии, показатели и уровни его оценки при экологически ориентированных работах. Сформулированы общие закономерности трансформации геологического пространства под влиянием техногенеза и следствия, вытекающие из рассмотрения геологического пространства как экологической категории и новой структуры экосистемы.

Ключевые слова: геологическое пространство, качество и ресурсный потенциал геологического пространства, эколого-геологическая система, экосистема, литотоп экосистемы, категории качества геологического пространства, трансформация геологического пространства.

The structure of geological space as ecological category, factors that determine its quality and resource potential have been characterized. The position of geological space in structure of ecological geological system and ecosystem, criteria, indicators and levels of its assessment under ecologically oriented works are shown. General regularities of transformation of geological space under the influence of technogenesis, consequences arising from the consideration of geological space as ecological category and the new structure of the ecosystem have been formulated.

Key words: geological space, quality and resource potential of geological space, ecological geological system, ecosystem, lithotop of ecosystem, quality categories of geological space, transformation of geological space.

Введение. Геологическое пространство как экологическая категория в классической экологии долгое время практически не рассматривалось. Оно не нашло места ни в схеме биогеоценоза В.Н. Сукачева [1972] и его последователей, ни в классификации экологических факторов Ю. Одума [1975]. Такая позиция непонятна, поскольку биота, включая человека, функционирует или на поверхности, или в верхних горизонтах земной коры, т.е. в пределах геологического пространства. Не учет последнего в экологических построениях — *принципиальная ошибка*, и доказательством этого являются крупнейшие катастрофы и менее масштабные разрушения экосистем под влиянием современных геологических процессов (землетрясений, извержений вулканов, оползней, обвалов и др.). Введение В.Н. Сукачевым в схему биогеоценоза почвенного фактора (эдафотоп) не устраняет этой ошибки, поскольку на функционирование биоценоза оказывают влияние не только почвы (являющиеся с геологической точки

зрения современной корой выветривания) и даже почвообразующие породы, но и более глубокие части разреза геологических массивов.

Этот недостаток классических схем «экосистемы—биогеоценоза»² был осознан рядом исследователей. Так, Г.А. Новиков [Новиков, 1979] ввел в состав биотопа два новых фактора — рельеф, грунт (последний через запятую с почвой, что некорректно³).

Кроме того, в схеме показано антропогенное воздействие на биотоп и на биоценоз (но природное воздействие на них не отражено). Однако эти шаги не получили дальнейшего развития и в подавляющем большинстве подобных построений, как и в классических представлениях, *явно недостаточно отображена литосфера как одна из экологически важнейших абиотических сфер Земли* (см., например, сводку К.С. Лосева [Лосев, 2001]).

В настоящее время в связи с изменением содержания экологии, выходом ее за границы био-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра инженерной и экологической геологии, заведующий кафедрой, профессор; e-mail: trofimov@geol.msu.ru

² Необходимо отметить, что часто термины «экосистема» и «биогеоценоз» рассматривают как синонимы. Это не всегда правомерно. Биологи отмечают одну тонкость: в биогеоценозах, в отличие от экосистем, обязательно присутствие растительности (фитоценоза). *Каждый биогеоценоз, как пишут биологи, может быть назван экосистемой, но не каждая экосистема является биогеоценозом.*

³ Употребление в схеме слова «почва, грунт» неправомерно, поскольку под грунтами понимаются любые горные породы, почвы, осадки и антропогенные геологические образования, рассматриваемые как многокомпонентные динамичные системы, исследуемые в связи с планируемой, осуществляемой или осуществленной инженерной деятельностью человека. В общем случае грунт — это *минеральная или минерально-органическая, органоминеральная, многокомпонентная, многофазовая система, которая включает твердую, жидкую и газообразную компоненты (как костную, так и живую) и изучается в инженерно-геологическом отношении.*

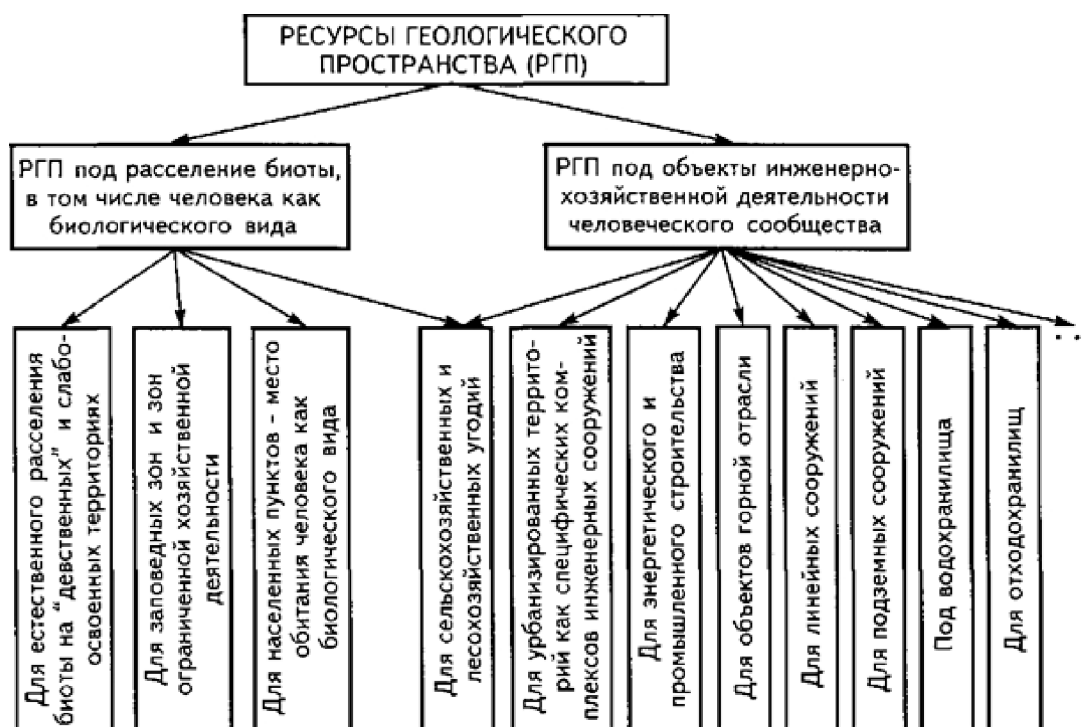


Рис. 1. Общая структура ресурсов геологического пространства [Экологические..., 2000]

экологии, изучающей взаимодействия биотической и абиотической компонент внутри экосистемы, и превращением в междисциплинарную науку, исследующую систему природа — человек — общество, расширились и представления о типах исследуемых экосистем. Наряду с природными экосистемами исследуются экосистемы селитебные, экосистемы промышленные и т.п. Анализ функционирования всех этих систем без учета особенностей геологического пространства как экологической категории будет необъективным, а в большинстве ситуаций не возможен. Такая оценка ситуации требует ответа на следующие вопросы: что такое «геологическое пространство» и какова его структура; какими факторами оно характеризуется; что такое эколого-геологическая система и какова роль геологического пространства в ее структуре; каким должно быть реальное положение геологического пространства и эколого-геологической системы в структуре экосистемы; какие типы показателей используются для оценки эколого-геологических условий и экосистемы в целом; каковы следствия предложенных решений этих вопросов?

Определение и структура ресурсов геологического пространства как экологической категории. Геологическое пространство — пространство, в пределах которого осуществляется геологическая форма движения материи и аккумулированы последствия этой деятельности. Под ресурсом этого пространства как экологической категории подразумевается его часть, необходимая для расселения и функционирования биоты, в том числе для жизни и деятельности человека и как биологического вида, и как социума [Геологическое..., 2014; Теория..., 1997].

Геологическое пространство является важнейшей составляющей ресурсной экологической функции литосферы. Эта функция определяется ролью геологического пространства, минеральных, органических и органоминеральных ресурсов литосферы для жизни и деятельности биоты как в качестве биоценоза, так и социальной структуры. В качестве важнейших составляющих выступают: ресурсы, необходимые для жизни биоты; ресурсы, необходимые для жизни и деятельности человеческого общества; ресурсы геологического пространства. Структура последнего в общей систематике экологических функций литосферы включает ресурсы геологического пространства как место обитания биоты, как место расселения человека, какместилище наземных и подземных сооружений, как место захоронения и складирования отходов, включая высокотоксичные и радиоактивные [Трофимов, Зилинг, 2002; Экологические..., 2000].

Более детальная схема структуры ресурсов геологического пространства показана на рис. 1, здесь реализован подход, позволяющий рассматривать литосферу и в качестве места обитания и расселения разнообразных представителей флоры и фауны, включая человека как биологический вид, и в качестве пространства, активно осваиваемого человечеством как социальной структурой.

Для ресурсной характеристики конкретной территории целесообразно использовать понятия «ресурсный потенциал» и «качество ресурса». Под ресурсным потенциалом геологического пространства понимается совокупность перспективных, возможных к освоению площадей и объемов этого пространства. Основными элементами, составляющими и определяющими ресурсный потен-

Таблица 1

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)

циал, являются: 1) пригодность геологического пространства для расселения биоты, в том числе человека; 2) пригодность территории для всех видов хозяйственного освоения.

Под *качеством ресурса геологического пространства* понимается *степень пригодности данного массива литосферы для того или иного конкретного вида освоения*. Под освоением подразумевается как любой вид инженерно-хозяйственного освоения, так и «обживание» этой территории биологическими видами. При этом рассматривается не только естественное расселение биоты, но и искусственное, вызванное созданием заказников, заповедников, сельскохозяйственной деятельностью человека.

Факторы, определяющие ресурсный потенциал и качество ресурса геологического пространства, как и эколого-геологические условия в целом, создаются *комплексом современных морфологически выраженных геологических факторов, влияющих 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 самых важных, которые в той или иной степени изучаются всегда. Этот комплекс включает восемь составляющих, которые называются факторами (компонентами) эколого-геологических условий (табл. 1). Закономерное сочетание этих компонентов формирует эколого-геологический облик любого природного или техногенно измененного массива, региона, определяет его эколого-геологические условия. *Именно эти компоненты формируют различные экологические свойства и функции литосферы*⁴.

Подчеркнем, что в содержательном плане необходимо строго различать *факторы (компоненты)*

эколого-геологических условий и факторы формирования эколого-геологических условий (табл. 1), а также ресурса экологического пространства как их составляющей. Под первым подразумеваются современные, 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 — 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 (табл. 1). К первой относятся *региональные геологические факторы*, преимущественно эндогенные. Вторую группу составляют экзогенные *зональные факторы*, которые иногда называют зональными географическими, что в данном случае правомерно. Последняя, третья, группа включает *антропогенные (техногенные) факторы*.

Первая и вторая группы 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 до начала проявления техногенеза

⁴ Под *экологическими функциями литосферы* понимается *все многообразие функций, определяющих и отражающих роль и значение литосферы, включая подземные воды, нефть, газы, геофизические поля и протекающие в ней геологические процессы, в жизнеобеспечении биоты, главным образом человеческого сообщества*. Выделено четыре экологические функции литосферы — ресурсная, геодинамическая, геохимическая и геофизическая [Теория..., 1997; Экологические..., 2000]. Исходя из этих положений содержание экологической геологии определяется так: *экологическая геология — новое направление геологических наук, изучающее экологические функции литосферы, закономерности их формирования и пространственно-временного изменения под влиянием природных и техногенных причин в связи с жизнью и деятельностью биоты, и прежде всего человека* [Трофимов, Зилинг, 2002].

современной человеческой цивилизацией; и на *техногенно-природном* — более коротком с длительностью 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. Действие второй группы факторов особым образом сказывается на условиях существования биоты, функционирования экосистем.

Следует отметить, что *природные геологические условия и на втором этапе являются решающими в развитии литосферы в общепланетарном, а также 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 не способна (например, извержения вулканов, землетрясения, сели, оползни и др.)*.

Геологическое пространство в структуре эколого-геологической системы. Геологическое пространство — фундаментальная основа эколого-геологических систем, экосистем в целом. Первая из этих систем — эколого-геологическая — *представляет собой определенный (в принципе любой по размерам) объем литосферы с функционирующей непосредственно в нем или на его поверхности биотой, включая человека и социум* [Трофимов, 2010]. Эта система характеризуется эколого-геологическими условиями — *обстановкой, создаваемой комплексом современных морфологически выраженных геологических факторов, влияющих на особенности функционирования биоты (биоценоза)*. Последние включают растительность (фитоценоз), животный мир (зооценоз), микроорганизмы (микробиоценоз) и человеческое сообщество. Именно такая структура этой системы обеспечивает изучение и оценку влияния геологических факторов (прежде всего вещественных и энергетических) на биоту, включая человека и социум. Именно поэтому *эколого-геологическая система является объектом экологической геологии*.

Эколого-геологические системы относятся к числу *открытых систем*. По структуре они представляют собой сложные, многофакторные динамичные образования, изменяющиеся под влиянием *природных, природно-техногенных или техногенных процессов, причем изменяющиеся очень быстро* даже в физической временной

системе, а с точки зрения геологического времени практически мгновенно.

Современное состояние таких систем сформировалось и трансформируется под влиянием трех групп причин [Трофимов, 2005; Геологическое..., 2014]: 1) закономерностей геологического развития в прошлом и современного тектонического режима, 2) современного климата, 3) а на освоенных территориях и антропогенных (техногенных) воздействиях. В соответствии с этим при эколого-геологических работах исследуются системы литосфера⁵ — биота, техногенно измененная литосфера—биота либо литосфера—инженерное сооружение—биота, прямые и обратные связи между абиотическими и биотическими подсистемами, а, в конечном счете, чаще всего воздействие «неживого на живое»; в перспективе возможно взаимодействие литосферы и живого. В такой конструкции техногенные источники воздействия часто учитываются опосредованно через техногенные изменения литосферы.

Геологическое пространство — литотоп экосистемы. Схема новой структуры экосистемы, составленная с учетом рассмотренных ранее позиций, опыта построения схем биогеоценоза, а также изучения современной экологией системы природа—человек—общество и классов воздействия на нее показана на рис. 2. В нее введены три принципиально новых блока — «литотоп», «человеческое сообщество» и «природные воздействия», в соответствии с чем в ней устранены недостатки, свойственные классическим схемам структуры экосистем (см. выше).

Эколого-геологическая система, фундаментальную основу которой составляет геологическое пространство, входит в состав экосистемы и представляет собой ее чрезвычайно важную часть. Теоретические объем и структура эколого-геологической системы при таком ее понимании с учетом всех задач, решаемых экологической геологией, показаны на рис. 2.

Отметим, что при реальных эколого-геологических работах объем и границы эколого-геологической системы являются параметрами динамическими. Так, при эколого-геодинамических исследованиях почвы рассматриваются в объеме эколого-геологической системы, а при эколого-геофизических — вне ее.

Критерии и показатели, используемые при оценке эколого-геологических условий. При оценке состояния эколого-геологических условий (иначе говоря, ресурсного потенциала и качества геологического пространства) используются показатели разных типов. Они могут быть тематическими, площадными (пространственными) динамическими (рис. 3). Первые — *тематические* — представляют содержательные показатели, характеризующие

⁵ Термин «литосфера» здесь и далее используется вполне сознательно в содержании «твердая земля», обычно принимаемом в экологической литературе. С геологической точки зрения речь идет о приповерхностной части литосферы, обычно о верхних горизонтах земной коры.

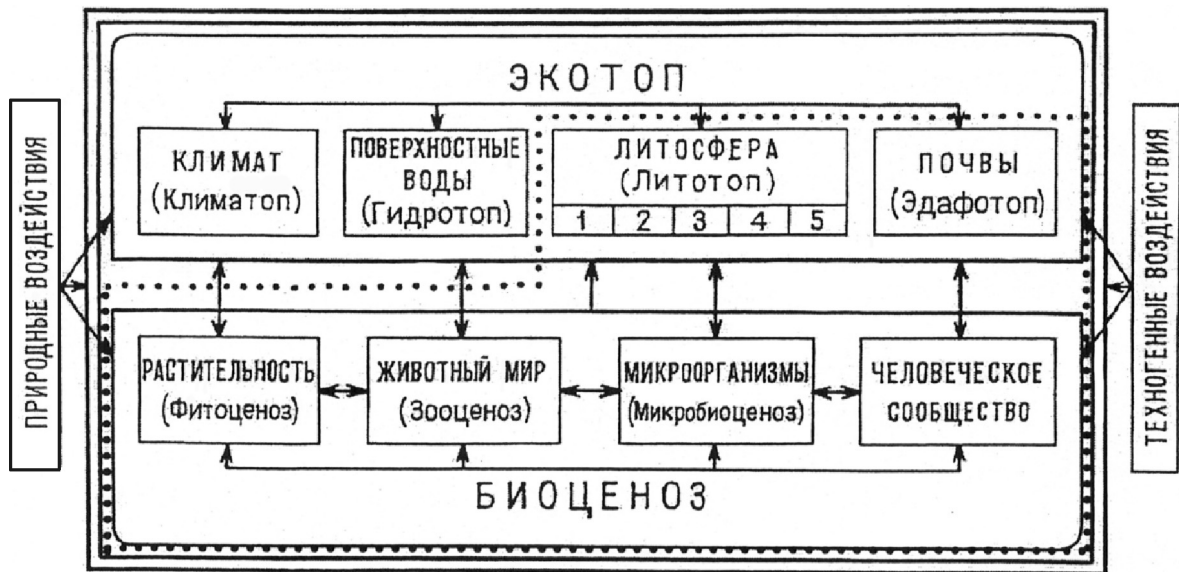


Рис. 2. Схема структуры экосистемы с учетом геологической составляющей и классов воздействий на нее. Точками выделены границы эколого-геологической системы [Трофимов, 2010]: 1–5 — параметры литосферы: 1 — состав, строение, состояние и рельеф геологического массива; 2 — подземные воды; 3 — геохимические поля; 4 — геофизические поля; 5 — современные эндо- и экзогенные процессы

состояние эколого-геологической системы, биоты или их отдельных компонент. *Пространственные критерии* оценивают площадь или объем нарушений по перечисленным выше тематическим показателям. *Динамические критерии* характеризуют скорость нарастания неблагоприятных изменений, выявленных по тематическим показателям.

С содержательной точки зрения все эти критерии достаточно многообразны: биотические, геологические, медико-санитарные, социально-экономические, причем все они включают по несколько показателей. Среди них могут быть как

прямые, так и *индикаторные* показатели. Первые регламентируются нормативно-директивными документами и выражаются по отношению к предельно допустимой концентрации (ПДК), предельно допустимому выбросу (ПДВ), предельно допустимому сбросу (ПДС), предельно допустимой нагрузке (ПДН) либо фону и кларку. Они общеприняты и используются как при эколого-геологических, так и инженерно-экологических исследованиях.

Индикаторные (индикационные) показатели более специфичны. В ресурсной группе они

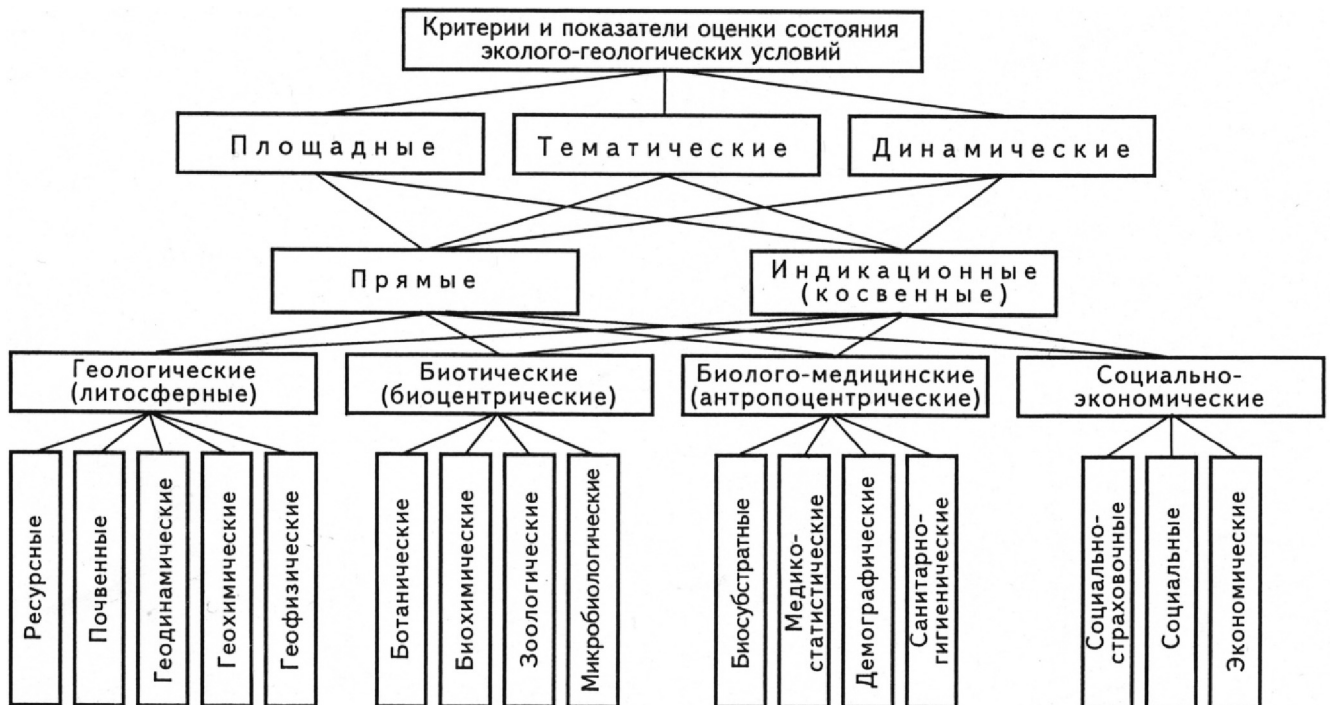


Рис. 3. Систематика показателей, используемых при оценке состояния эколого-геологических условий

включают в себя остаточные запасы с учетом достигнутого уровня потребления (число лет); для ресурсов, необходимых для жизни биоты, и ресурсов геологического пространства критерии оценки пока не разработаны. В геодинамической группе они включают в себя помимо площадных, объемных (энергетических) и динамических еще и медико-санитарные (для оценки воздействия катастрофических процессов), ботанические и зоологические. В геохимической группе критериев к ним относятся оценка степени загрязнения литосферы через геохимические и биохимические показатели (Z_c — суммарный показатель химического загрязнения; A_k — отношение содержания элемента в золе растений к его содержанию в горной породе), коэффициент техногенной нагрузки, избыток, недостаток или дисбаланс элементов в породах, почвах и растительности.

Такой набор критериев позволяет *органически связать* экологически значимые особенности литосферы и учесть соответствующие функциональные зависимости между ее компонентами и биотой. Сделать это только на основе использования одних геологических показателей нельзя.

О категориях состояния эколого-геологических условий и качества геологического пространства. Предложено выделять следующие четыре класса состояния эколого-геологических условий [Теория..., 1997]:

а) класс удовлетворительного (благоприятного) состояния, который *коррелируется с зоной экологической нормы экосистемы*, по Б.В. Виноградову. Значения прямых критериев оценки ниже ПДК

или фоновых. Пораженность территории современными геологическими процессами <5%;

б) класс условно удовлетворительного (относительно неблагоприятного) состояния, который *коррелируется с зоной экологического риска экосистем*. Значения прямых критериев оценки незначительно превышают ПДК или фон. Пораженность геологическими процессами — от 5 до 20%. На территориях необходимо разумное хозяйственное использование, планирование и проведение мероприятий по их улучшению;

в) класс неудовлетворительного (весьма неблагоприятного) состояния, который *коррелируется с зоной экологического кризиса экосистем*. Значения прямых критериев оценки значительно превышают ПДК или фон. Пораженность геологическими процессами — от 20 до 50%. Необходимо выборочное и оперативное проведение глубокого улучшения;

г) класс катастрофического состояния, который *коррелируется с зоной экологического бедствия экосистем*. Значения прямых критериев оценки в десятки раз превышают ПДК или фон. Пораженность геологическими процессами — >50%. Территории с такими условиями характеризуются практически необратимыми нарушениями экосистем, исключающими территорию из хозяйственного использования.

Схема взаимосвязанной оценки состояния эколого-геологических условий, биоты и экосистем приведена в табл. 2, в ней же приведены категории качества геологического пространства.

Сказанное справедливо, если состояние биоты обусловлено только состоянием эколого-геологиче-

Таблица 2

Принципиальная схема взаимосвязанной оценки состояния эколого-геологических условий, биоты и экосистемы

Оцениваемый параметр		Категория (уровень)			
		I	II	III	IV
Экосистема (по Б.В. Виноградову)		экологическая норма	экологический риск	экологический кризис	экологическое бедствие
Литосфера и ее компоненты	Эколого-геологические условия	Удовлетворительное (благоприятное) состояние	Условно удовлетворительное (относительно неблагоприятное) состояние	Неудовлетворительное (весьма неблагоприятное) состояние	Катастрофическое состояние
	Ресурсное воздействие	Слабое	Умеренное	Сильное	Опасное
	Геодинамическое воздействие				
	Геохимическое воздействие				
	Геофизическое воздействие				
	Качество геологического пространства	Высокое	Среднее (повышенное)	Пониженное	Низкое
Условия жизнедеятельности человека		Комфортные	Дискомфортные	Сильнодискомфортные	Опасные
Состояние здоровья человека		Здоровое	Напряжение	Утомление	Болезнь
Гигиеническое состояние среды (по В.М. Прусакову и К.А. Буштуеву)		Малоопасное	Умеренно опасное	Опасное	Чрезвычайно опасное
Условия гомеостаза экосистемы		Не вызывает реакции (возмущения экосистемы)	Предел «толерантности» экосистемы, ее способность противостоять внешнему воздействию		Разрушение, гибель экосистемы

ских условий. Если же состояние биоты или всей экосистемы определяется интегральным состоянием всех абиотических сред, а иногда и социально-экономическими факторами, проблема сложнее. Необходимо вычленить только литосферное влияние на биоту через биогеохимические критерии (например, содержание элементов в золе растений), характер заболеваемости населения и т.п.

Общие закономерности трансформации геологического пространства как экологической категории под влиянием техногенеза. Анализ содержания публикаций, помещенных в материалах различных практических конференций и специальных монографиях, позволил сделать ряд общих выводов о *главных закономерностях трансформации геологического пространства под влиянием техногенеза*. Они сформулированы в виде следующих положений:

а) трансформация геологического пространства как экологически важнейшей категории под влиянием техногенеза — закономерный процесс, один из этапов развития в хорде эволюции Земли, связанный с ростом человеческой популяции и изначально сугубо антропоцентрическим ориентированием идеологии и действиями социума;

б) трансформацию под воздействием техногенеза претерпели и ресурсный потенциал, и качество геологического пространства; это обусловлено тем, что все экологические функции литосферы — ресурсная, геохимическая, геофизическая, геодинамическая (рис. 4) — на этапе техногенеза активно изменяются в физическом времени;

в) техногенные воздействия обуславливают преимущественно локальную, местами региональную трансформацию геологического пространства, вследствие этого формируются его техногенно обусловленные аномалии, прежде всего аномалии качества геологического пространства — новое явление в истории развития эколого-геологических условий;

г) трансформация ресурсного потенциала и качества геологического пространства под влиянием техногенеза имеет разнонаправленный характер; в большинстве случаев она негативна с экологических позиций, но и позитивные изменения часты; последние свидетельствуют о возможности целенаправленного управления рассмотренными особенностями геологического пространства;

д) трансформация геологического пространства под влиянием техногенеза привела и приводит в настоящее время к усложнению полей пространственного распределения, прежде всего его качества, особенно контрастного в районах интенсивной горнодобывающей, промышленной, сельскохозяйственной и военной деятельности.

Техногенные аномалии качества геологического пространства как следствие трансформации всех экологических функций литосферы являются новым явлением по месту своего образования, интенсивности проявления и характеру воздействия на биоту. Часто

они совершенно не связаны с особенностями геологического строения территории и обусловлены или крупными авариями (например, так называемый черновобильский след), или работой предприятий на привозном сырье. Но даже в случае разработки месторождения полезных ископаемых они создаются в его районе, но принципиально на новом месте, в иных масштабах и с иным уровнем негативного влияния на живые организмы.

Подходя к рассматриваемому вопросу с общих позиций, нужно отметить следующее:

а) новые техногенные аномалии имеют либо энергетическую, либо вещественную природу и проявляются через избыток или недостаток того или иного вещественного состава, определенного вида энергии или, как считают многие исследователи, через техногенное загрязнение литосферы и ее компонентов;

б) техногенные аномалии представляют собой контрастные, быстро развивающиеся системы. Динамика их развития превышает возможности биоты и человека адаптироваться к новым, быстро меняющимся экологическим условиям обитания и приводит к снижению комфортности и безопасности проживания, повышенному уровню заболеваемости, а иногда к летальным последствиям.

Одним из главных следствий трансформации геологического пространства под влиянием техногенеза является формирование более сложного пространственного проявления его качества, а также интенсивности этого проявления. Причина кроется в наложении природных и техногенных факторов его формирования.

Первый аспект проблемы связан с влиянием этих двух групп факторов *на зону и пространственные границы проявления функциональных зависимостей между литосферой и биотой*. Основными природными факторами, влияющими на усложнение полей проявления и ресурсного потенциала геологического пространства, являются *современные геологические процессы*, в первую очередь неотектонические и связанный с ними вулканизм. Они определяют сочетание геологических процессов, приводящих к гибели экосистем, катастрофическому изменению 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* пространственно приурочен к интенсивно используемым территориям мегаполиса, промышленным, горнодобывающим и сельскохозяйственным районам, т.е. четко зависит от характера функционального использования геологического пространства.

Второй аспект проблемы — трансформация качества геологического пространства — также обусловлен влиянием природных и техногенных причин. *На локальном уровне воздействие последних*

часто проявляется как решающее — с ним связано изменение качества геологического пространства, обусловленное глубокими структурными преобразованиями всех экологических функций литосферы, приобретение ими новой, не встречаемой в природе специфики. В разрезе ресурсной функции этот аспект сводится к изъятию природных минерально-сырьевых ресурсов и одновременному формированию так называемых техногенных месторождений полезных ископаемых; в разрезе геодинамической функции — к активизации природных геологических процессов и появлению новых антропогенных геологических процессов; в разрезе геохимической функции — к появлению новых, не существующих в природе токсичных соедине-

ний и материалов, формированию техногенных геохимических аномалий во всех компонентах литосферы и увеличению прессинга на различные уровни организации живых организмов; в разрезе геофизической функции — к трансформации природных геофизических полей и формированию техногенных полей (акустического, вибрационного, радиационного и др.). В общем виде — это проявление техногенного загрязнения физической (энергетической), физико-химической, химической и биологической (вещественной) природы.

Природные же факторы формируют тот естественный фон, ту основу полей экологических функций литосферы, на которую накладываются техногенные изменения, приводящие к усложнению

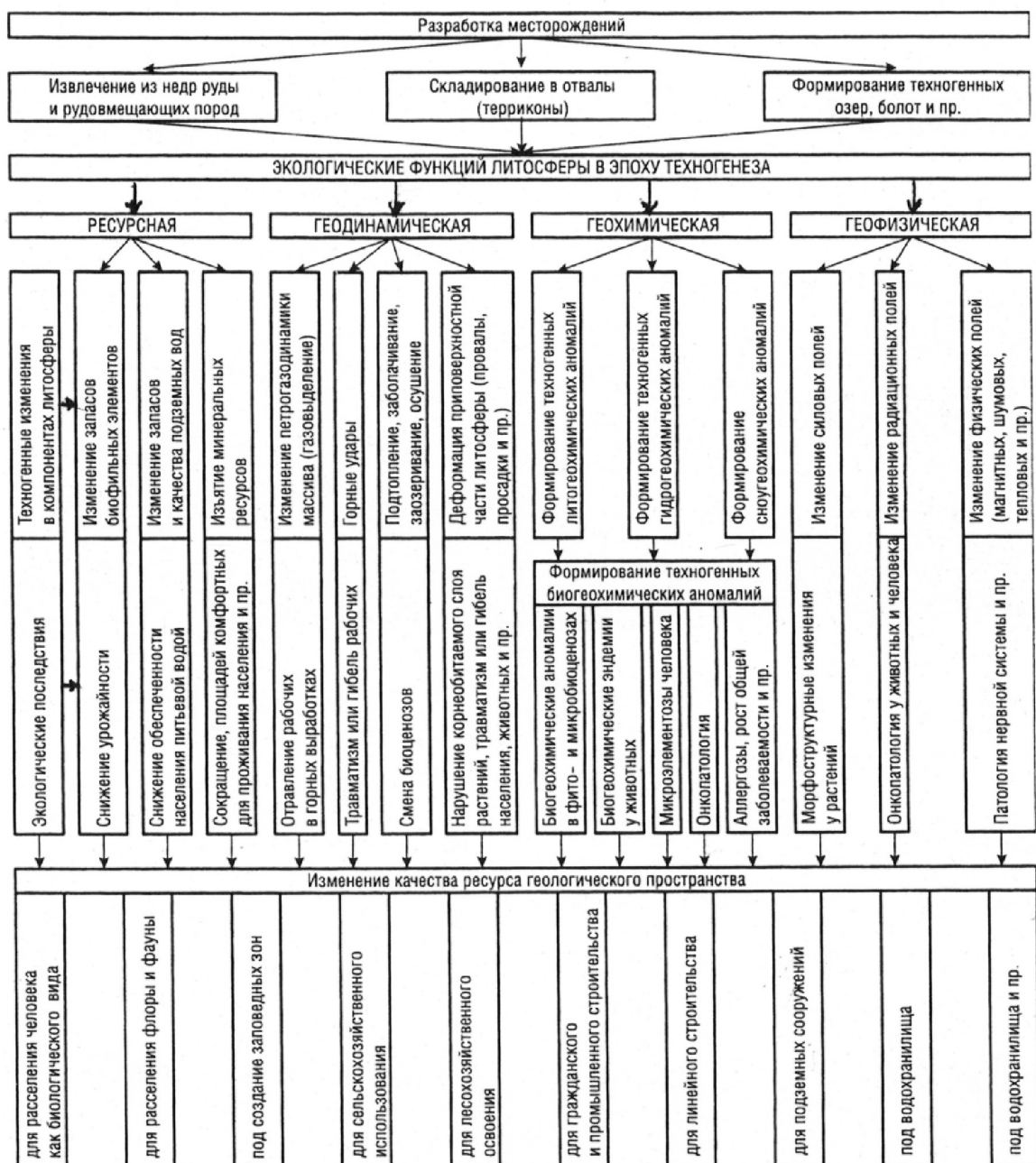


Рис. 4. Блок-схема основных изменений экологических функций литосферы и качества ресурса геологического пространства при разработке полезных ископаемых [Геологическое..., 2014]

полей распределения и их современному выражению. Отсюда следует вывод о том, что при оценке современного состояния экологической (и эколого-геологической в частности) обстановки той или иной техногенно освоенной территории или литосферного блока ошибочно разделять ее на чисто техногенную и чисто природную. Оптимальный вариант оценки — результирующий интегральный итог взаимодействия природных и техногенных факторов.

Следствия, вытекающие из рассмотрения геологического пространства как экологической категории и новой структуры экосистемы: 1) неизбежное следствие описанного подхода и такой структуры экосистемы — необходимость геологизации идеологии и содержания экологических теоретических построений;

2) необходимость геологизации и практически экологически ориентированных работ, в первую очередь инженерно-экологических изысканий. В методических документах должно быть реализовано положение о необходимости изучать все компоненты эколого-геологической системы, должна быть четко и ясно отражена роль изучения и оценки современных и прогнозируемых природных, природно-антропогенных геологических процессов;

3) необходимость уточнения формулировок содержательных задач экологической геологии, ранее сформулированных в работе [Трофимов, Зилинг, 2002].

Рассмотрим подробнее только эту позицию, поскольку мнение автора по первым двум уже опубликовано.

Основные **научные задачи** экологической геологии в откорректированной редакции представляются следующими:

— изучение экологических свойств и функций эколого-геологических систем, закономерностей их формирования и динамики развития под влиянием природных и техногенных процессов;

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Геологическое пространство как экологический ресурс и его трансформация под влиянием техногенеза / Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Академическая наука — Геомаркетинг, 2014. 566 с.

Лосев К.С. Экологические проблемы и перспективы устойчивого развития России в XXI веке. М.: Космосинформ, 2001. 400 с.

Новиков Г.А. Основы общей экологии и охраны природы. Л.: Изд-во ЛГУ, 1979. 350 с.

Одум Ю.Г. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 740 с.

Островский В.Н. Принципы экологического (гео-экологического) прогнозирования // Отеч. геология. 1995. № 12. С. 51–59.

Сергеев Е.М., Трофимов В.Т. Влияние человека на литосферу в процессе инженерно-хозяйственной деятельности // Теоретические основы инженерной геологии. Социально-экономические основы. М.: Недра, 1985. С. 14–27.

Сукачев В.Н. Основы типологии и биогеоценологии: Избр. труды. Т. 1. Л.: Наука, 1972. 332 с.

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

— разработка теории и методов оценки устойчивости эколого-геологических систем приповерхностной части литосферы к природным и техногенным воздействиям с точки зрения изменения ее экологических свойств и функций;

— разработка теории и методов эколого-геологического обоснования управления состоянием и свойствами эколого-геологических систем приповерхностной части литосферы с целью сохранения или улучшения их экологических свойств и функций;

— разработка теории, методов и геологического обоснования рецептур утилизации экологически опасных промышленных отходов и выбор оптимальных (по геологическим условиям) участков массивов для их захоронения с целью наименьшего ухудшения экологических особенностей территории и массивов;

— разработка теории и методов эколого-геологического обоснования инженерной защиты территорий, объектов и сооружений от природных и антропогенных геологических процессов, ухудшающих экологические свойства и функции эколого-геологических систем.

Прикладные задачи в укрупненном виде и типологическом плане сформулированы так:

— эколого-геологическое обоснование рационального использования ресурсов литосферы для нормального функционирования эколого-геологических систем в целом;

— установление влияния природного и техногенного загрязнения биотопа эколого-геологических систем приповерхностной части литосферы на биоту;

— эколого-геологическое обоснование разработки и принятия решений по управлению состоянием биотопа экосистем или экосистемами в целом.

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. Эколого-геологические условия и факторы, их определяющие // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2010. № 1. С. 52–55.

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 СПбГУ, 2005. 190 с.

Трофимов В.Т., Харьковина М.А., Григорьева И.Ю. Экологическая геодинамика / Под ред. В.Т. Трофимова. М.: КДУ, 2008. 473 с.

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

Поступила в редакцию
13.02.2015