

УДК 55; 504; 524

В.Т. Трофимов¹**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ ГЕОЭКОЛОГИИ
КАК МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОЙ НАУКИ,
ПОСТРОЕННЫЕ НА БАЗЕ КОНЦЕПЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ
АБИОТИЧЕСКИХ СФЕР ЗЕМЛИ***ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,
119991, Москва, ГСП-1, Ленинские Горы, 1**Lomonosov Moscow State University, 119991, Moscow, GSP-1, Leninskie Gory, 1*

Определены шесть научно-содержательных парадоксов современного состояния геоэкологии. Сформулированы новые теоретические основания геоэкологии как междисциплинарной науки, разработанные на базе концепции экологических функций абиотических сфер Земли. Они включают представления о содержании, объекте, предмете, логической и научной структурах геоэкологии, геоэкологических условиях и их состоянии, положении геоэкологии в системе наук о Земле и биосфере.

Ключевые слова: геоэкология, экологические функции, абиотические сферы Земли, логическая структура, геоэкологические условия.

Six scientific-informative paradoxes of the current state of geoecology are determined. New theoretical foundations of geoecology as an interdisciplinary science, developed on the basis of the concept of ecological functions of Earth abiotic spheres, are formulated. They include ideas about the content, object, subject, logical and scientific structures of geoecology, geoecological conditions and their condition, the position of geoecology in the system of sciences about the Earth and the biosphere.

Key words: geoecology, ecological functions, abiotic spheres of the Earth, logical structure, geoecological conditions.

Введение. Термин «**геоэкология**», введенный немецким географом К. Троллем в начале шестидесятых годов прошлого века как синоним его же термина «**ландшафтная экология**», чрезвычайно быстро завоевал умы исследователей. Его новизна, красивое звучание, возможность перевода на русский язык в разных по содержанию вариантах привлекли в СССР и новой России внимание не только географов-ландшафтоведов, но и географов других специальностей, геологов, представителей ряда технических специальностей, работников высшей школы, в итоге появилось большое количество публикаций, в которых содержание геоэкологии рассматривалось по-разному. Это привело к многоликости понимания ряда основополагающих положений геоэкологии, термин «геоэкология» потерял исходное содержание. Он стал, по сути, термином свободного пользования. *Этим обусловлены парадоксы современной геоэкологии, которые, строго говоря, поставили вопрос о возможности относить ее к новой, уже сформировавшейся науке.*

К числу важнейших, фундаментальных по значению парадоксов современной геоэкологии отнесены [Трофимов, 2009, 2020]: 1) многоликость понимания содержания геоэкологии, не свойственная сформировавшимся наукам; 2) многоликое понимание структуры геоэкологии как науки;

3) отсутствие четко определенных, а главное, общепризнанных теоретических задач геоэкологии; 4) неоднозначное отношение исследователей к необходимости изучения при геоэкологических работах влияния параметров абиотических сред на состояние биоты; 5) различные взгляды на проблему изучения воздействия природных и антропогенных факторов на экосистемы; 6) неразработанность вопроса о междисциплинарном характере геоэкологии как науки. К этой же категории относится отсутствие общепризнанных теоретических оснований геоэкологии, неразработанность ее терминологической базы. Такая ситуация требовала широкого научного обсуждения. Но геоэкологическая общественность и ее лидеры не проявляли активности в этом вопросе. Именно это обусловило, как полагает автор, появление статьи «Геоэкология — наука, которой нет» [Богданов, 2014].

Еще в первом десятилетии XXI в. был выдвинут новый подход к разработке теоретических основ геоэкологии [Трофимов, 2005, 2006]. Он основывался на использовании разрабатываемой в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова концепции экологических функций абиотических сфер Земли. Ее позиции и значение для становления нового содержания

¹ Московский государственный университет, геологический факультет, кафедра инженерной и экологической геологии, заведующий кафедрой, докт. геол.-минер. н., профессор; e-mail: trofimov@rector.msu.ru



Рис. 1. Назначение экологических функций абиотических сфер Земли, по [Трофимов, 2005]

геоэкологии освещены в статьях [Трофимов, 2020; Трофимов, Куриленко, 2015]. Итоги разработки концепции изложены в монографии «Экологические функции абиотических сфер Земли» [Трофимов и др., 2018]. Эта публикация позволила по-новому сформулировать многие позиции теоретических оснований геоэкологии как междисциплинарной науки.

Экологические функции абиотических сфер Земли и их типы². Под экологическими функциями абиотических сфер Земли предложено понимать все многообразие функций, определяющих и отражающих роль и значение этих геосфер (атмосферы, гидросферы, литосферы и педосферы), включая их состав, объем, динамику функционирования, геохимические и геофизические поля, в жизнеобеспечении биоты, в первую очередь человеческого сообщества [Трофимов, 2006]. Это представляется правомерным, поскольку основное с рассматриваемой точки зрения предназначение всех абиотических сфер Земли — литосферы, педосферы, атмосферы и гидросферы — ресурсное и энергетическое обеспечение жизни и развития биоты (рис. 1). Это в полной мере согласуется с идеями В.И. Вернадского, которые еще в 1920–1930 гг. были оформлены им в виде теперь уже признанной всем научным миром концепции биосферы как геологической оболочки Земли, включающей атмосферу, гидросферу и верхнюю часть литосферы [Вернадский, 1989].

Основное предназначение экологических функций всех абиотических сфер земли — ресурсное и энергетическое обеспечение функционирования биоты. Оно (предназначение) реализуется ресурсной, геодинамической, геохимической и геофизической экологическими функциями каж-

дой абиотической сферы Земли (рис. 1), которые рассматриваются в качестве типов.

Содержание этих функций определено следующим образом:

— *ресурсная экологическая функция абиотических сфер Земли* определяет роль минеральных, органоминеральных и органических твердых, жидких и газообразных ресурсов литосферы, педосферы, атмосферы и поверхностной гидросферы, а также литосферного, атмосферного и гидросферного пространства для жизни и развития биоты в качестве как биогеоценоза, так и социальной структуры;

— *геодинамическая экологическая функция абиотических сфер Земли* отражает способность литосферы, педосферы, атмосферы и поверхностной гидросферы влиять на условия жизни биоты, ее состояние, безопасность и комфортность проживания человека через природные и антропогенные процессы и явления;

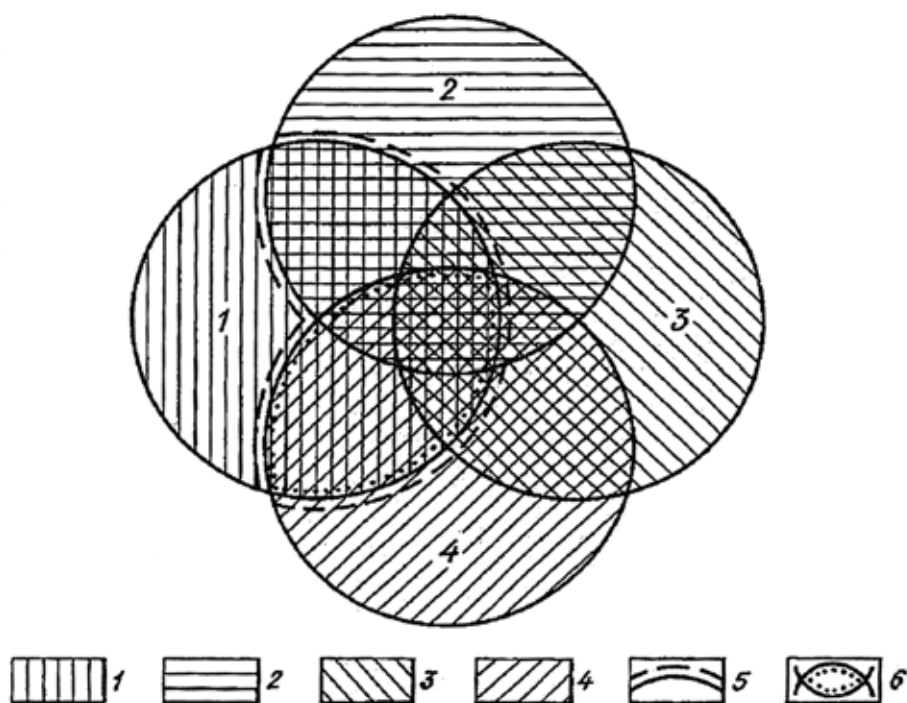
— *геохимическая экологическая функция абиотических сфер Земли* определяет свойства геохимических полей литосферы, педосферы, атмосферы и поверхностной гидросферы природного и техногенного происхождения влиять на условия жизни и состояние биоты в целом, включая здоровье человека;

— *геофизическая экологическая функция абиотических сфер Земли* отражает свойства геофизических полей литосферы, педосферы, атмосферы и поверхностной гидросферы природного и техногенного происхождения влиять на условия жизни биоты в целом, включая здоровье человека [Трофимов, 2006, 2020].

Содержание понятия «геоэкология» и ее объем. Понимание содержания геоэкологии чрезвычайно многообразно: от междисциплинарной науки, изучающей «в естественных и техногенно нарушенных природных условиях закономерные изменения в литосфере» [Сычев, 1991], науки, изучающей законы *взаимодействия литосферы и биосферы* [Клубов, Прозоров, 1993] и междисциплинарной науки *об экологических проблемах геосфер* [Осипов, 1993, 1997] до междисциплинарной науки об экосфере [Голубев, 1990, 2002], *состоянии окружающей среды, сохранении ее жизнеобеспечивающих ресурсов* [Розанов, 2015а, б] и междисциплинарной области знаний, рассматривающей «*экологические последствия природных и антропогенных процессов, происходящих в геосферах Земли*» [Григорьева, 2013].

² Концепция экологических функций абиотических сфер Земли включает следующие составляющие: 1) понятие «экологические функции абиотических сфер Земли» и их типы; 2) закономерности их формирования; 3) характеристики морфологических особенностей экологических функций абиотических сфер Земли и их значение для биоты; 4) трансформация экологических функций в эпоху техногенеза и ее экологические последствия; 5) взаимодействие абиотических сфер Земли между собой, техносферой, их экологические последствия.

Рис. 2. Соотношение предметных полей наук о жизни и об абиотических сферах Земли, по [Трофимов, 2006]: 1 — науки о жизни; 2 — науки об атмосфере; 3 — науки о поверхностной гидросфере; 4 — науки о литосфере; 5 — граница совместных объектных и предметных полей наук о Земле и биологии, формирующих поле и содержание междисциплинарной науки — геоэкологии; 6 — граница области исследований экологической геологии



В последнее десятилетие содержание геоэкологии в публикациях принимается в основном в «широком» содержании.

Автор является сторонником этой позиции. Еще в работе [Трофимов, Зилинг и Аверкина, 1964] после критического анализа взглядов широкого круга авторов было предложено рассматривать геоэкологию как междисциплинарную науку, изучающую состав, структуру, закономерности функционирования и эволюции естественных (природных) и антропогенно преобразованных экосистем высокого уровня организации. Позже, после ознакомления с работой Н.Ф. Реймерса [1990], который рассматривал геоэкологию как «раздел экологии (по другим воззрениям — географии), исследующий экосистемы (геосистемы) высоких иерархических уровней — до биосферы включительно», пришло убеждение в правильности принятой авторами концепции. И хотя через некоторое время Н.Ф. Реймерс [1994] сузил содержание геоэкологии до раздела экологии, исследующего закономерности пространственного размещения ландшафтов, эта позиция не изменилась, так как названные им ландшафтные «выделы» — тоже экосистемы.

После введения понятия «экологические функции абиотических сфер Земли» и разработки вопроса об экологических функциях объектов, изучаемых разными естественными науками, автор принципиально по-новому определил теоретическое содержание геоэкологии (с учетом того, что в ее рамках решаются морфологические, ретроспективные и прогнозные задачи): геоэкология — междисциплинарная наука, изучающая экологические функции абиотических сфер Земли, закономерности их формирования и пространственно-временного

изменения под влиянием природных и антропогенно обусловленных техногенных причин в связи с жизнью и деятельностью биоты, и прежде всего человека [Трофимов, 2005; 2006] и в дальнейшем придерживался этой позиции [Трофимов, 2009-2020].

Приняв такое содержание геоэкологии, ее объем стал рассматриваться как поле пересечения наук о жизни, атмосфере, поверхностной гидросфере и литосфере (рис. 2). Исходя из этого во всех науках, изучающих такой объект, правомерно формирование экологически ориентированных направлений, которые следует называть с прилагательным «экологическая»: экологическая физика, экологическая география, экологическая геология, экологическая химия и т. п.

Вышеприведенная редакция определения содержания геоэкологии могла вызывать вопросы, поскольку в ней нет слова «экосистема». Это так. Но в этом определении содержатся две необходимых составляющих экосистемы (рис. 3) — «экологические функции абиотических сфер Земли», характеризующие особенности экотопа экосистемы, и биота, включая человека — биоценоз экосистемы, а также типы воздействий на нее. Эти вопросы и пояснение свидетельствуют о необходимости корректировать эту редакцию.

Уточненная формулировка содержания понятия «геоэкология» представляется в такой редакции: геоэкология — междисциплинарная наука, изучающая экологические функции абиотических сфер Земли (экотопа экосистем), закономерности их формирования и пространственно-временного изменения под влиянием современных природных и антропогенных воздействий в связи с жизнью и деятельностью биоты, включая человека (биоценоза экосистем).

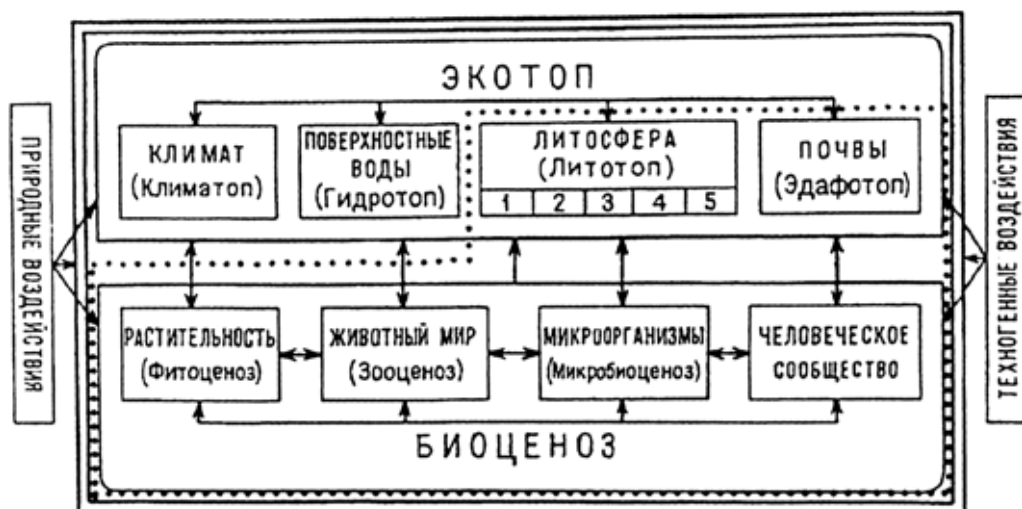


Рис. 3. Схема структуры экосистемы с учетом геологической составляющей и классов воздействия на нее. Точками выделены границы эколого-геологической системы, по [Трофимов, 2009]: 1–5 — параметры литосферы: 1 — состав, строение, состояние и рельеф массивов горных пород; 2 — подземные воды; 3 — геохимические поля; 4 — геофизические поля; 5 — современные эндо- и экзогенные процессы

Объект и предмет геоэкологии. *Объект геоэкологии* как междисциплинарной науки, так же, как ее содержание, неодинаково понимается разными авторами. Диапазон объема этого понятия широк: от экосистемы до окружающей среды [Розанов, 2006–2015], экосферы [Голубев, 1990] и экосистемы Земля «со всеми входящими ее компонентами» [Григорьева, 2013]. Чаще всего в качестве объекта геоэкологии называют экосистемы или геосистемы разных иерархических уровней.

В рамках принятой концепции **объектом изучения геоэкологии** следует признать экосистемы различных иерархических уровней, экологические функции их абиотических сред — компонентов экотопа, сформированных природными процессами прошлых эпох и трансформированных современными природными и антропогенными воздействиями, обеспечивающими или осложняющими функционирование Живого — биоценоза экосистем.

Под предметом геоэкологии большинство авторов понимают систему знаний о структуре, динамике, состоянии экосистем (геосистем) и их реакции на природные и антропогенные воздействия. Но есть и иные воззрения. Так, в работе [Розанов, 2015а] выдвинута идея о том, что предметом исследования геоэкологии должны рассматриваться *геоэкологические процессы* в окружающей среде, под которыми Л.Л. Розанов подразумевает, как понимает автор, изменение здоровья людей и жизнедеятельности человека и другие изменения в живых организмах.

В рамках принятой концепции **под предметом изучения геоэкологии** понимается система знаний об экологических функциях и свойствах абиотических сфер Земли экосистем разных иерархических уровней и оценка влияния (узкий подход) и взаимодействия (широкий подход) этих функций с Живым экосистем.

О логической структуре геоэкологии. Один из центральных аспектов любого естественнонаучного знания — вопрос о логической структуре науки, включающей в себя основания науки, основные понятия, теории и идеи, законы. Исходя из пред-

ставления о том, что *геоэкология является междисциплинарной наукой*, ее логическая структура должна формироваться как за счет ассимиляции определенных элементов логической структуры различных естественных наук, привлекаемых для решения экологических задач, так и своей собственной логической основы. При этом ассимиляция носит не механический характер, а подчинена вполне определенным закономерностям, логике экологического подхода. Следовательно, общее поле логической структуры геоэкологии включает в себя определенные по объему части поля логической структуры различных наук, прежде всего изучающих абиотические сферы Земли и биоту, и свою «собственную часть логической основы», тот стержень, который позволяет целенаправленно использовать привлекаемые идеи и материалы этих наук.

В схематическом виде такая трактовка вопроса отражена на рис. 4. Приведенная на этом рисунке схема свидетельствует о мозаичности поля логической структуры геоэкологии и дает представление о вкладе этих наук в ее логическую структуру.

По содержанию рисунка сделаем два замечания: 1) на этом рисунке среди наук, вносящих вклад своими идеями и материалами в логическую структуру геоэкологии и оцениваемых в ее рамках с экологических позиций, показаны уже действительно сложившиеся экологически ориентированные направления классических наук. Кроме того, сознательно помещены «чистые поля», очерченные эллипсовидным контуром: кто-то из исследователей сочтет возможным (нужным) заполнить часть из них в настоящее время, а какие-то из них будут «заняты» позже вновь сформировавшимися экологически ориентированными научными направлениями (число таких полей при необходимости может быть увеличено);

2) объемы уже заполненных названиями конкретных наук полей, очерченных эллипсовидными контурами, «выдвинуты» в площадь поля логической структуры геоэкологии неодинаково. Этим

приемом отражен уровень вклада данной науки в логическую структуру геоэкологии: чем больше «выдвинутость», тем выше вклад. С такой оценкой вклада названных наук ряд исследователей могут не согласиться, но очевидно, что наибольший вклад вносят экологические направления классических естественных наук, изучающие абиотические сферы Земли и биоту.

Принятое в статье понимание экологических функций абиотических сфер Земли позволяет отнести к важнейшим элементам собственной части логической структуры геоэкологии следующие позиции:

1) положение о том, что современные структура, свойства и закономерности пространственного распределения экологических функций абиотических сфер Земли есть результат историко-геологического развития взаимодействия всех природных сред и техносферы;

2) положение о том, что динамика изменения экологических функций абиотических сфер Земли и их компонентов (скорость, характер, объем и др.) обусловлены их природными свойствами, видом и интенсивностью природных воздействий геосфер Земли, а на освоенных территориях — и антропогенными процессами;

3) закон соответствия при взаимодействии организмов с окружающей средой [Одум, 1986];

4) закон соответствия характера развития общества и состояния природной среды (основной экологический закон) [Гирусов, 1981].

Второй позицией, которая обсуждается при рассмотрении структуры любого естественно-научного знания, является вопрос об уровнях организации и таксономии объектов изучения. В геоэкологии он в явном виде не обсуждался. По аналогии с геологическим и географическим знанием целесообразно выделять следующие уровни организации объекта изучения геоэкологии: глобальный, региональный, локальный; необходимость выделения элементарного уровня, который обособляется, например, в экологической геологии, требует обсуждения. Каждый из этих выделенных таксономических уровней организации объекта изучается определенным комплексом дисциплин разных наук, участвующих в формировании логической структуры геоэкологии, в первую очередь изучающих экологические функции абиотических сфер Земли, каждая из которых опирается на свои теории и идеи.

Роль и место различных комплексов дисциплин в формировании логической структуры геоэкологии можно раскрыть через эту взаимосвязь путем рассмотрения экологических функций абиотических сфер Земли с учетом уровней ее организации. Для наглядности это можно отразить в форме двухрядной таблицы, в горизонтальных строках которой приведены уровни организации объекта, а в вертикальных столбцах — экологиче-

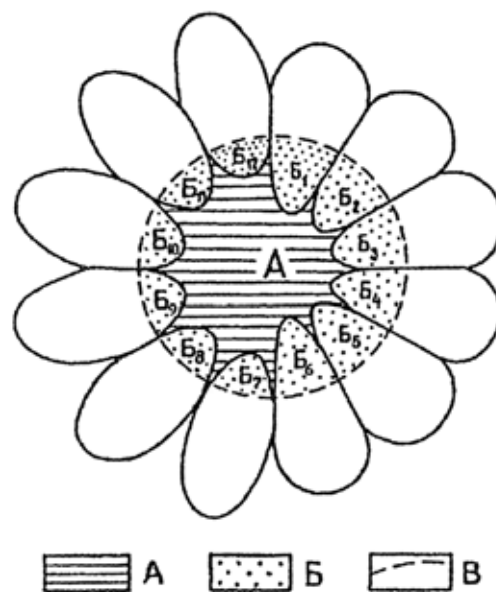


Рис. 4. Принципиальная схема строения общего поля логической структуры геоэкологии: А — «собственная часть» логической основы логической структуры геоэкологии; Б — части логической структуры экологически ориентированных наук, используемые в геоэкологии: Б₁ — экологическая геология, Б₂ — экологическая география, Б₃ — экологическое почвоведение, Б₄ — экологическая гидрология, Б₅ — экологическая океанология, Б₆ — экологическая «атмосферология», Б₇ — науки о Живом, Б₈ — экологическая физика, Б₉ — экологическая химия, Б₁₀ — экологическая медицина, Б₁₁ — ?, Б₁₂ — ?; В — контуры общего поля логической структуры геоэкологии

ские функции. В прямоугольниках этой таблицы, образующихся на пересечении вертикальных и горизонтальных линий, разделяющих таксоны этих рядов, перечисляются комплексы дисциплин, позволяющих изучать экологические функции абиотических сфер разных уровней организации последних и принимающих участие в формировании теоретического базиса геоэкологии как междисциплинарной науки.

Создание такого произведения — задача сложная. Необходимо, в первую очередь, разработать документы подобного содержания во всех экологически ориентированных науках, исследующих экологические функции абиотических сфер Земли. Но пока такое построение выполнено только в экологической геологии [Теория..., 1997; Трофимов, Зилинг, 2002].

Структура геоэкологии как междисциплинарной науки. В классическом варианте структура любой науки определяется отношением ее частей — научных направлений этой науки, выделяемых по объекту и предмету науки и отвечающих определенным знаниям. И большинство авторов придерживались этой позиции и в геоэкологии. Это отчетливо видно в построениях и В.И. Осипова [1997], и В.В. Куриленко [2004], и В.Л. Бочарова [2004]. По существу геоэкология расчленялась на части, каждая из которых развивалась своим путем, поскольку общепринятой теоретической базы геоэкологии создано не было.

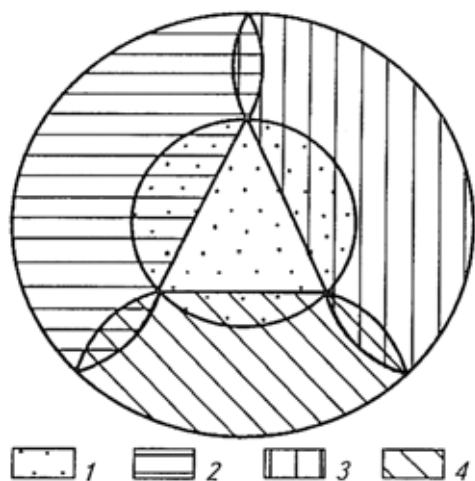


Рис. 5. Научные разделы геоэкологии и их соотношение: 1 — геоэкологическое ресурсосведение; 2 — геоэкологическая геодинамика; 3 — геоэкологическая геохимия; 4 — геоэкологическая геофизика

Необходим был поиск альтернативного(ых) варианта(ов), который бы связал все структуры единым теоретическим стержнем. Для геоэкологии этот вопрос сложный. С одной стороны, она не имеет статуса классической (традиционной) науки в общепринятом понимании — она шире по содержанию отдельно взятых наук. С другой стороны, геоэкология «наднаучное» в этом плане междисциплинарное образование в науках о Земле. В итоге был выбран вариант структуризации геоэкологии по типам экологических функций, свойственных всем абиотическим сферам Земли.

В структуре геоэкологии выделено несколько **научных направлений**, ответственных за изучение определенных типов экологических функций абиотических сфер Земли. К таковым относятся геоэкологическое ресурсосведение, геоэкологическая геодинамика, геоэкологическая геохимия и геоэкологическая геофизика (рис. 5).

Геоэкологическое ресурсосведение исследует современные морфологические особенности ресурсных экологических функций атмосферы, гидросферы, литосферы и педосферы, закономерности их формирования и пространственно-временного изменения под влиянием современных природных и антропогенных воздействий и оценку влияния и роли их сырьевых и пространственных ресурсов на условия функционирования биоты и жизнедеятельности социума. Акцент делается на оценку не только количества, но и качества ресурсов абиотических сфер Земли, уровня их потребления и рационального использования с учетом экологических последствий, с учетом сохранения и нормального функционирования экосистем разных уровней организации. С экологических позиций должны оцениваться и пространственные ресурсы геосфер, включая ресурсы геологического пространства.

Кроме того, эти исследования должны быть социально ориентированы, что подразумевает их тесную связь с социально-экономическими науками, а в практическом отношении — деловой контакт экологов с экономистами, социологами, представителями директивных органов и проектных институтов. К задачам этого раздела можно отнести оценку состояния минерально-сырьевых ресурсов с учетом развития современной цивилизации и геологическое обоснование предложений по регламентации их потребления.

Геоэкологическая геодинамика исследует морфологические, ретроспективные и прогнозные задачи³, связанные с изучением развития природных и антропогенных геологических, гидрологических, метеорологических и других процессов в соответствующих абиотических сферах Земли и их влиянием на биоту как с позиций оценки возможных бедствий и катастроф, так и комфортности ее проживания. (Последнее относится, как правило, к человеческому сообществу). Выполняемые исследования опираются на методы широкого круга наук и предусматривают контакт с проектировщиками. К основным задачам относятся: разработка методов оценки устойчивости абиотических сред к изменению ее геодинамических параметров под влиянием природных факторов и техногенеза с учетом экологических последствий; эколого-геологическое обоснование (в случае необходимости) инженерной защиты от опасных и катастрофических геологических и гидрометеорологических процессов (природных и антропогенных), влияющих на существование и комфортность проживания биоты и человеческого сообщества.

Геоэкологическая геохимия исследует морфологические, ретроспективные и прогнозные задачи, связанные с изучением геохимических полей и их аномалий абиотических сфер Земли природного и техногенного происхождения и их влияния на биоту. Среди этих полей выделяются литогеохимические, гидрогеохимические, атмогеохимические, сноугеохимические, биогеохимические. Объект исследований — вещественный химический состав абиотических сред, миграция подвижных соединений химических элементов, их аномальных концентраций и характер воздействия на биоту с использованием методов разных наук и данных медико-биологических оценок состояния биоты. В практическом аспекте такие исследования подразумевают тесное сотрудничество с медиками и санитарной службой, так как оценка аномалий должна проводиться с медико-санитарных позиций.

Геоэкологическая геофизика исследует морфологические, ретроспективные и прогнозные задачи, связанные с изучением геофизических полей различных абиотических сред природного и техноген-

³ В этом и последующих определениях содержания научных направлений геоэкологии словосочетание «морфологические, ретроспективные и прогнозные задачи» использованы с целью сокращения объема определений. В полном объеме все необходимые элементы были приведены в определении геоэкологического ресурсосведения (см. ранее).

ного происхождения, с их отклонением от нормы и воздействием на биоту. Для этого привлекаются методы геофизики, физики Земли и атмосферы, сейсмотектоники и других наук и данные медико-биологических дисциплин. Здесь также необходимо тесное сотрудничество с представителями медико-санитарной службы.

Итак, на первом уровне структуризации геоэкологии на базе принятой концепции были выделены четыре научных направления, каждое из которых ориентировано на исследование группы однотипных экологических функций всех абиотических сфер Земли и их влияния на биоту. На втором этапе структурирования в рамках каждого из этих научных направлений логично выделить по четыре научных раздела, задача каждого из которых — изучение определения экологической функции конкретной абиотической сферы Земли.

Содержание понятия «геоэкологические условия» и его производных. Рассматриваемые понятия логически развивают представления об экологических функциях абиотических сфер Земли. Они позволяют перейти к оценке конкретных материальных носителей свойств этих функций.

Под геоэкологическими условиями следует понимать совокупность конкретных свойств экологических функций абиотических сфер Земли, отражающих современную обстановку жизнедеятельности живых организмов в данном объеме геосфер (или конкретной геосферы) как среде их обитания. Эта обстановка может изменяться как от места к месту, так и во времени в пределах одного массива, одного района. В последнем случае эколого-геологическая обстановка проходит ряд состояний, трансформируясь во времени от одного из них к другому. В условиях техногенеза и вследствие развития природных катастрофических процессов такие изменения происходят очень быстро, нередко практически мгновенно, даже с исторической точки зрения.

Следует подчеркнуть, что в формировании геоэкологических условий ведущая роль может принадлежать как всем экологическим функциям, действующим одновременно, так и, по существу, какой-либо одной функции, например, геодинамической, которая в конкретный период по своей интенсивности или масштабу оказывает наибольшее воздействие на биоту и подавляет роль других функций. В последнем случае следует говорить об *геоэкологических условиях, особенности которых обусловлены геодинамическими характеристиками объекта.* Если таковой является геохимическая функция, то оперируем словосочетанием *геоэкологические условия, особенности которых обусловлены геохимическими особенностями геоэкологического пространства.*

Такой же подход необходимо использовать при анализе каждой абиотической среды в отдельности. Покажем это на примере литосферы.

Под эколого-геологическими условиями (обстановкой) следует понимать совокупность конкретных экологических свойств функций литосферы, отражающих современное состояние условий жизнедеятельности живых организмов в данном объеме литосферы как среде их обитания. Если в их формировании главенствующая роль принадлежит, например, геохимической функции (или рассматривают только ее), то в экологической геологии используют словосочетание *эколого-геологические условия, особенности которых обусловлены геохимическими характеристиками литосферы.* Если таковой является геофизическая функция, то оперируем словосочетанием *эколого-геологические условия, особенности которых обусловлены геофизическими особенностями литосферного блока.*

В эколого-геологической литературе также используются понятия *эколого-ресурсные условия, эколого-геодинамические условия, эколого-геохимические условия, эколого-геофизические условия.* Это сокращенный вариант словосочетаний, выделенных в предыдущем абзаце. Кроме того, их, скорее всего, правомерно использовать и в случае, когда мы анализируем влияние только какой-либо одной экологической функции литосферы на биоту или человека.

О понятии «состояние геоэкологических условий» и его производных. Изменения геоэкологических условий могут происходить, как уже отмечалось, достаточно быстро. Этапные особенности рассматриваемого объекта следует назвать *состоянием геоэкологических условий (обстановки).* Содержание этого понятия определим так: *состояние геоэкологических условий (обстановки) — временно ее состояние, оцениваемое спецификой проявления одного, нескольких или совокупностью экологических свойств функций в данный момент времени, определяющих степень (уровень) благоприятности и возможности проживания живых организмов.*

Состояние такой обстановки оценивается через временное состояние определенных свойств геосфер и характеризует уровень воздействия этих свойств на живые организмы. Согласно этому определению, оценка экологического состояния должна включать, с одной стороны, определение уровня ресурсного и энергетического воздействия на живые организмы со стороны абиотических сфер и, с другой стороны, указание на специфические реакции на это воздействие живой материи. Этот критерий пригоден для живых организмов всех уровней организации экосистемы.

Состояние геоэкологических условий (обстановки) может быть обусловлено, как указано ранее, проявлением одного, нескольких или совокупностью свойств и функций абиотических сфер. Если наиболее сильно действуют на биоту особенности, например, геофизической функции, то приходится говорить о *состоянии геоэкологических условий, обусловленных проявлением геофизической*

функции (свойств). Часто для обозначения этого используют более короткое словосочетание — *состояние эколого-геофизических условий*. В этом же смысле используются и такие понятия, как *состояние эколого-ресурсных условий, состояние эколого-геодинамических условий, состояние эколого-геохимических условий*.

Таким образом, состояние геоэкологических условий, определяемое для конкретной территории или литосферного блока, отражается на индивидуальной фактологической оценке и обеспечивается четкой временной привязкой или временным интервалом — *современное состояние, состояние на конкретную дату*. Подчеркнем в дополнение еще одну позицию: оба введенных понятия — геоэкологические условия и состояние геоэкологических условий представляют собой материальный атрибут объекта изучения, и характеризующие их параметры можно измерять, оценивать, классифицировать и моделировать, что обеспечивает не только решение теоретических геоэкологических проблем, но и практических задач.

Для оценки состояния геоэкологических условий или их составляющих в различных экологизированных естественных науках разработаны различные предложения. В ряде из них учет современного состояния естественных (природных) и техногенно измененных экосистем, их биотической и абиотической составляющих предлагается осуществлять через ранжирование по классам состояний (для геомы) и, соответственно, зонам нарушений (для биомы) и экосистемы в целом. В настоящее время рекомендовано использовать четыре уровня природно-антропогенных экологических нарушений — нормы (Н), риска (Р), кризиса (К) и бедствия (Б), что согласуется с публикациями ряда исследователей (например, Б.В. Виноградова и др.) и с некоторыми нормативными документами. В основу выделения этих уровней положено ранжирование нарушения экосистем по глубине их необратимости.

Предложено [Виноградов, 1998] выделять следующие **зоны состояний экосистем**:

зону экологической нормы, которая включает территории без заметного снижения продуктивности и устойчивости экосистем, ее относительной стабильности. Значение прямых критериев оценки ниже ПДК или фоновых⁴. Дegradaция земель менее 5% площади⁵;

зону экологического риска, включающую территории с заметным снижением продуктивности и устойчивости экосистем, их нестабильным состоянием, ведущим в дальнейшем к спонтанной деградации экосистем, но еще с обратимыми нарушениями. Территории требуют разумного

хозяйственного использования и планирования мероприятий по их улучшению. Значения прямых критериев оценки незначительно превышают ПДК или фон. Дegradaция земель от 5 до 20% площади;

зону экологического кризиса, которая включает территории с сильным снижением продуктивности и потерей устойчивости экосистем и трудно обратимыми нарушениями. Необходимо выборочное хозяйственное использование территорий и планирование их глубокого улучшения. Значения прямых критериев оценки значительно превышает ПДК или фон. Дegradaция земель от 20 до 50% площади;

зону экологического бедствия — катастрофы, включающую в себя территории с полной потерей продуктивности, практически необратимыми нарушениями экосистем, исключающую территорию из хозяйственного использования. Значения прямых критериев оценки в десятки раз превышают ПДК или фон. Дegradaция земель более 50% площади.

Выделение этих зон экологического состояния экосистем осуществлено на основе использования ботанических и зоологических, биохимических и почвенных показателей нарушенности экосистем, причем число показателей в названных типах показателей изменяется от 6 до 15 (всего их 42).

В экологической геологии [Трофимов, Зилинг, 2002] был рассмотрен вопрос об оценке состояния эколого-геологических условий. Главную позицию построений они сформулировали так: *все критерии оценки должны быть органически связаны с экологическими особенностями литосферы и учитывать соответствующие функциональные зависимости между ее компонентами и биотой и увязываться с построениями Б.В. Виноградова*. В итоге они предложили выделять следующие **классы состояний эколого-геологической обстановки литосферы**:

класс удовлетворительного (благоприятного) состояния, который коррелирует с зоной экологической нормы экосистемы, по Б.В. Виноградову. Значения прямых критериев оценки эколого-геологического состояния литосферы ниже ПДК или фоновых (за исключением природных аномалий);

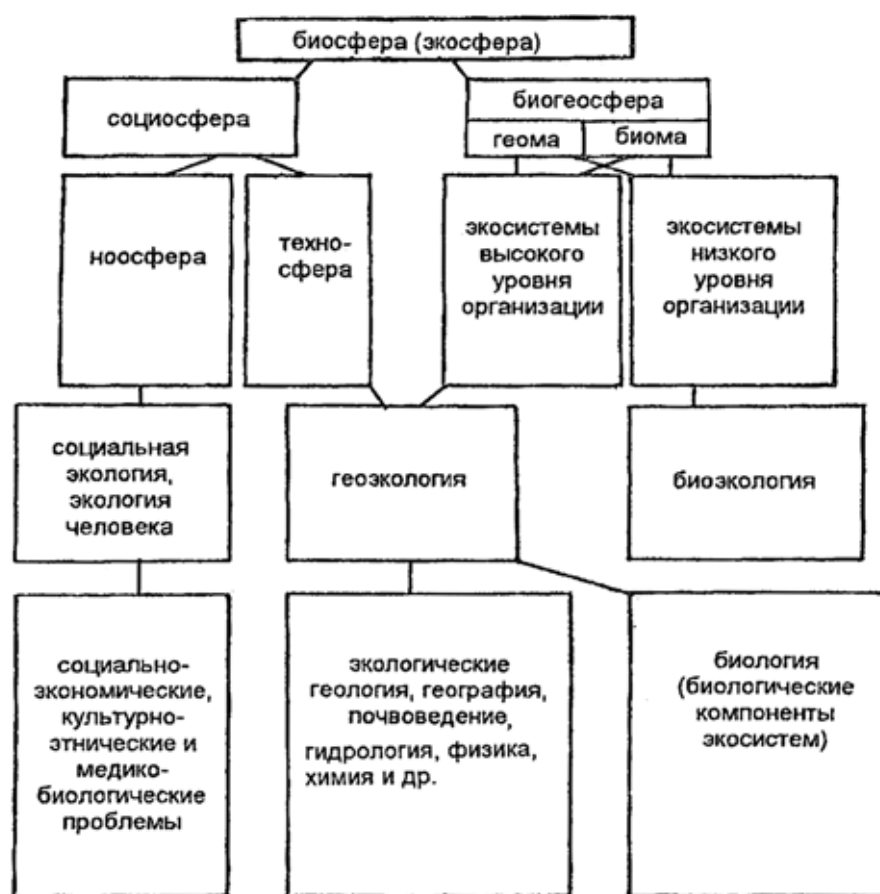
класс условно удовлетворительного (относительно неблагоприятного) состояния, который коррелирует с зоной экологического риска. Территории требуют разумного хозяйственного использования, планирования и проведения мероприятий по их улучшению. Значения прямых критериев оценки эколого-геологического состояния литосферы незначительно (до 5 раз) превышают ПДК или фон (кроме природных аномалий);

класс неудовлетворительного (весьма неблагоприятного) состояния, который коррелирует с

⁴ Фоновые значения — средние естественные значения для определенной территории.

⁵ Дegradaция земель — результат овражной, ветровой, площадной водной эрозии с полным уничтожением гумусового горизонта и вторичным засолением почв с потерей плодородия; в общем виде — площадь земель, выведенных из земледельческого использования.

Рис. 6. Схема, иллюстрирующая положение геоэкологии в системе наук о Земле и биосфере [Теория ..., 1997]



зоной экологического кризиса. Необходимо выборочное хозяйственное использование территорий, планирование и оперативное проведение глубокого улучшения. Значения прямых критериев оценки эколого-геологического состояния литосферы в 5–10 раз превышают ПДК и фон;

класс катастрофического состояния, который коррелирует с зоной экологического бедствия. Значения прямых критериев оценки эколого-геологического состояния литосферы в десятки раз превышают ПДК и фон.

Авторы [Трофимов, Зилинг, 2002] подчеркнули, что использование этих построений будет возможным, *если состояние биоты обусловлено только эколого-геологическими условиями*. Если же состояние биоты или всей экосистемы определяется интегральным состоянием всех абиотических сред, а иногда и социально-экономическими факторами, проблема более сложная.

О положении геоэкологии в системе наук о Земле и биосфере. Этот проблемный вопрос до настоящего времени не имеет общепризнанного решения. На рис. 6 приведена схема, составленная В.Т. Трофимовым и Д.Г. Зилингом и признанная ими в качестве наиболее адекватной из трех альтернативных вариантов [Теория ..., 1997].

Содержание этой схемы явно будет воспринято по-разному. Но и это надо считать положительным, поскольку иная логика в отношении к этому вопросу может привести к более прогрессивному его решению⁶.

Выводы. 1. На базе концепции об экологических функциях абиотических сфер Земли сформулировано принципиально новое содержание понятия «геоэкология», в котором отражены все компоненты экосистем любого иерархического уровня и типы ее задач.

2. Объектом геоэкологии при таком подходе следует признать экосистемы различных иерархических уровней, экологические функции их абиотических сред — компонентов экотопа, сформированных природными процессами прошлых эпох и трансформированных современными природными и антропогенными воздействиями, обеспечивающими или осложняющими функционирование Живого — биоценоза экосистем.

3. Такой подход к содержанию геоэкологии позволил по-новому определить ее объем как поле пересечения наук о жизни, атмосфере, поверхностной гидросфере и литосфере. Исходя из этого во всех науках, изучающих такой объект, правомерно развивать экологически ориентированные направ-

⁶ Теоретические основания геоэкологии как междисциплинарной науки включают позиции о типах изучаемых задач и систем, о содержательных научных и практических задачах, о типах и группах показателей, используемых для оценки геоэкологических условий и др. Ограниченный объем статьи не позволил здесь охарактеризовать эти позиции. Это будет сделано в другой статье.

ления, которые следует называть с прилагательным «экологическая».

4. Изложенные положения позволяют с единых теоретических позиций подойти к анализу экологической роли всех абиотических сфер Земли, к разработке классификаций экологических

функций каждой из них и сформировать новую структуру геоэкологии как действительно междисциплинарной науки. А это представляется автору чрезвычайно важным с общеметодологической точки зрения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Богданов М.И.* Геоэкология — наука, которой нет // Инженерные изыскания в строительстве — кризис саморегулирования. М.: Академическая наука, 2014. С. 122–128.
- Бочаров В.Л.* Геоэкология как наука: структурирование и тезаурус, современное состояние и перспективы развития // Вестн. Воронеж. ун-та. Геология. 2004. № 2. С. 166–171.
- Вернадский В.И.* Биосфера и ноосфера. М.: Наука, 1989. 258 с.
- Виноградов Б.В.* Основы ландшафтной экологии. М.: ГЕОС, 1998. 418 с.
- Гирусов Э.В.* Законы системного единства общества и природы // Проблемы взаимодействия общества и природы / Под ред. Т.С. Хачатурова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. 271 с.
- Голубев Г.Н.* Геоэкология: Учебник. М.: ГЕОС, 1990. 338 с.
- Голубев Г.Н.* Глобальные изменения в экосфере. М.: Желдориздат, 2002. 365 с.
- Григорьева И.Ю.* Геоэкология: Учеб. пособие. М.: ИНФРА-М, 2013. 270 с.
- Исаченко А.Г.* Введение в экологическую географию: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2003. 191 с.
- Клубов С.В., Прозоров Л.В.* Геоэкология: история, понятия, современное состояние. М.: ВНИИЗарубежгеология: Департамент геоэкологии, 1993. 161 с.
- Куриленко В.В.* Экологическая геология: ее роль в науках о Земле и место в структуре экологического знания // Школа экологической геологии и рационального недропользования: Мат-лы 5-й межвузовской молодежной науч. конф. СПб.: 2004. С. 45–61.
- Одум Ю.* Экология. Т. 1, 2. М.: Мир, 1986. 326 с.; 376 с.
- Осипов В.И.* Геоэкология — междисциплинарная наука об экологических проблемах геосфер // Геоэкология. 1993. № 1. С. 4–18.
- Осипов В.И.* Геоэкология: понятие, задачи, приоритеты // Геоэкология. 1997. № 1. С. 3–11.
- Реймерс Н.Ф.* Природопользование: Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 640 с.
- Реймерс Н.Ф.* Экология. М.: Россия, 1994. 367 с.
- Розанов Л.Л.* Геоэкология. М.: Вентана-Граф, 2006. 320 с.
- Розанов Л.Л.* Современное геоэкологоведение // Научный диалог. 2015а. № 2(18). С. 21–40.
- Розанов Л.Л.* Геоэкологоведение: итоги и перспективы // Вестн. МГОУ. Сер. Естественные науки. 2015б. № 3. С. 54–65.
- Сычев К.И.* Научное содержание и основные направления геоэкологии // Разведка и охрана недр. 1991. № 11. С. 2–6.
- Теория и методология экологической геологии /* Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. 368 с.
- Трофимов В.Т.* Геоэкология: современное состояние, причины многоликости, постулаты формирования ее нового теоретического содержания // Изв. секции наук о Земле РАЕН. 2005. Вып. 13. С. 129–138.
- Трофимов В.Т.* Новый теоретический подход к определению содержания и развития геоэкологии // Геоэкология. 2006. № 2. С. 216–225.
- Трофимов В.Т.* Парадоксы современной геоэкологии // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2009а. № 4. С. 3–13.
- Трофимов В.Т.* Экологическая система, ее типы и положение в структуре экосистемы // Вестн. Моск. ун-та. 2009б. № 2. С. 48–52.
- Трофимов В.Т.* Теоретические аспекты геоэкологии. М.: КДУ, Университетская книга, 2020. 148 с.
- Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г.* Экологическая геология: Учебник. М.: Геоинформмарк, 2002. 415 с.
- Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г., Аверкина Т.И.* Геоэкология как термин и междисциплинарная наука // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 1994. № 5. С. 43–55.
- Трофимов В.Т., Куриленко В.В.* Экологические функции абиотических сфер Земли: содержание и значение для становления нового теоретического базиса геоэкологии // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2015. № 2. С. 93–102.
- Трофимов В.Т., Харькина М.А., Барабошкина Т.А., Жигалин А.Д.* Экологические функции абиотических сфер Земли / Под ред. В.Т. Трофимова. М.: КДУ, Университетская книга, 2018. 608 с.

Поступила в редакцию 15.03.2021

Поступила с доработки 15.03.2021

Принята к публикации 05.04.2021