

УДК 502:550.4: [55 + 911]

ГЕОЭКОЛОГИЯ – ЕДИНСТВО НАУК ГЕОЛОГИЧЕСКОГО И ГЕОГРАФИЧЕСКОГО НАПРАВЛЕНИЙ

Д. С. Рыбаков

Институт геологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск, Россия

Обзорно-теоретическая статья посвящена анализу проблем геоэкологии как современной науки геолого-географического цикла. Высказано предположение о возникновении в будущем географии подземного пространства, что будет связано с интенсивным освоением человеком геологического пространства, включающим строительство междугородных и международных подземных транспортных коммуникаций, масштабную подземную урбанизацию, размещение производительных сил под землей, создание и поддержание особо охраняемых и туристско-рекреационных подземных пространств и т. п. Определены границы распространения географической оболочки, кратко рассмотрены и сгруппированы существующие концепции геоэкологии (состояний, изменений и технологий). Особое внимание уделено геохимическим аспектам теоретических основ геоэкологических исследований. Определены главные основания для выделения геолого-географического подхода к геоэкологии, которые включают: распространение границ географической оболочки за пределы поверхности Земли; проникновение жизни во все внешние геосферы, существование глубинной биосферы; проявление на поверхности Земли геодинамических процессов, включая выделение газов и эманаций в зонах активных разломов и трещиноватости земной коры; базовая роль горных пород в ландшафтообразовании (подземные ландшафты, вместилище и источник подземных и грунтовых вод, почво- и рельефообразование); освоение подземного пространства человеком. Также названы два важнейших эколого-геохимических аспекта геолого-географического подхода. Первый из них связан с качественным и количественным химическим (элементным) составом геосфер и компонентов геосистем, второй – с геохимическими процессами, определяющими все разнообразие геохимических связей как внутри каждой отдельной геосистемы, так и между разными геосистемами.

Ключевые слова: геоэкология; геолого-географический подход; геосферы; геосистемы; географическая оболочка; концепции геоэкологии; эколого-геохимические аспекты.

D. S. Rybakov. GEOECOLOGY – UNITY OF GEOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL SCIENCES

This article reviews the theory of Geoeology as a modern science in the geological and geographical series. There are propositions that geography of underground spaces will arise in the future due to intensive human use of the geological space, including the construction of intercity and international underground transport connections, large-scale underground urbanization, construction of underground industrial facilities, establishment and maintenance of underground conservation areas and tourism-and-recreation spaces, etc. The boundaries of the geographical shell are defined, the existing concepts

of Geoecology (states, changes, and techniques) are briefly described and grouped. Special focus is on the geochemical aspects of the theoretical foundations of geoecological research. The following main reasons for the selection of the geological-geographical approach to Geoecology were defined: expansion of the geographical shell boundaries beyond the Earth's surface; the penetration of life into all external geospheres, the existence of a deep biosphere; the manifestation of geodynamic processes on the earth's surface, including the release of gases and emanations in zones of active faults and fractures on the Earth's crust; the basic role of rocks in landscape formation (underground landscapes, sink and source of subsurface and underground water, soil and relief formation); utilization of underground spaces by humans. The two most important ecological and geochemical aspects of the geological-geographical approach are named. The first one has to do with the qualitative and quantitative chemical (elemental) composition of geospheres and components of geosystems, and the second one with the geochemical processes that generate the diversity of geochemical relationships both within each individual geosystem, and between different geosystems.

Key words: Geoecology; combined geological-geographical approach; geospheres; geosystems; geographical shell; concepts of Geoecology; ecological and geochemical aspects.

Введение

Базисом любой науки являются ее теоретические положения. Так, одним из основных положений геохимии, отражающих материальное единство всей совокупности геологических и географических объектов, является тезис о повсеместном распространении химических элементов во всех телах и геосферах планеты (закон Кларка – Вернадского).

Химическим элементам свойственна непрерывная миграция (перемещение) во времени и в пространстве [Вернадский, 1994; Янин, 2018 и др.]. При этом, согласно основному геохимическому закону В. М. Гольдшмидта в уточненной формулировке А. И. Перельмана, «геохимия элемента в земной коре определяется как его химическими свойствами, так и величиной кларка». С другой стороны, одни и те же элементы, находящиеся в системе в разных формах (в том числе, например, в различных по устойчивости к выветриванию минералах), при одинаковых параметрах среды миграции обладают разной миграционной способностью [Перельман, 1989].

Каждая наука отличается собственным объектом исследования. Например, объектом исследования геохимии является химический элемент, распространенный и мигрирующий в разных системах [Перельман, 1989], а объектом исследования геологии – горная порода, геологическая формация, земная кора и т. д., то есть сами эти системы.

Для целей геоэкологии, связанных с оценкой химического состояния геосистем и ландшафтно-геохимическим прогнозированием, важнейшими являются положения геохимии, касающиеся миграции химических элементов в различных средах под влиянием природных

и техногенных факторов. Соответственно, привязка эколого-геохимических исследований к определенной части пространства (территории или акватории) обуславливает их географическую направленность.

Между тем геохимия изначально является геологической наукой, возникшей на стыке химии и геологии [Перельман, 1989]. Объект ее исследования – литосфера, активно взаимодействующая с другими земными оболочками [Вернадский, 1994]. Возникновение и развитие «гибридных» (междисциплинарных) наук заставляет распространять понятийный аппарат и методы пограничных наук на вновь создаваемые научные направления. Часть понятий и методов относительно быстро закрепляются в понятийном аппарате и методологии новой науки. Часть вызывают активную дискуссию. Так, применение методов геохимии для целей исследования географической оболочки предполагает поиск дополнительных оснований для объединения геологического и географического подходов к геоэкологии. Однако для такого синтеза необходим предшествующий анализ как сходства, так и различий указанных подходов. Таким образом, появляется шанс превращения дифференциации науки в свою противоположность – интеграцию [Голубчик и др., 1998].

В связи с этим цель настоящего исследования заключается в том, чтобы, используя геохимические аспекты геосферной и геокомплексной (геосистемной) концепций физической географии [Голубчик и др., 1998; Кочуров и др., 2018], проанализировать сходство и различие геологического и географического подходов к геоэкологии.

Положения рассматриваемых концепций тестировались на примере геоэкологических

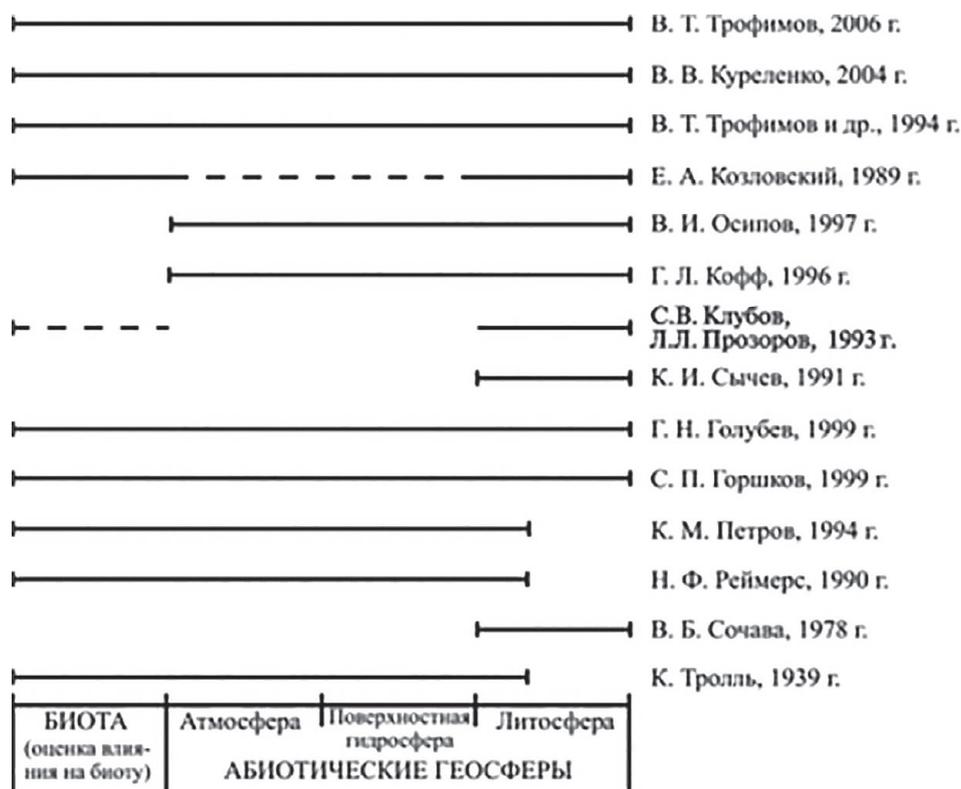


Рис. 1. Соотношение объемов различных абиотических сфер и биоты, которые, по мнению разных авторов, необходимо изучать при проведении геоэкологических исследований [по: Трофимов, 2009]

Fig. 1. The ratio of volumes of various abiotic spheres and biota, which, according to different authors, should be studied when conducting geoecological research [after: Trofimov, 2009]

исследований Юго-Восточной Фенноскандии [Экологические..., 2005; Рыбаков и др., 2013; Рыбаков, 2017], где широко развиты как древние (докембрийские) [Куликов и др., 2017], так и молодые (четвертичные) [Четвертичные..., 1993] комплексы.

Общие вопросы и проблемы становления геоэкологии как современной науки

Большие разночтения, существующие в понимании содержания и структуры геоэкологии, связаны прежде всего с выбором ее основных объектов исследования. Обзор проблем становления этой развивающейся науки с упоминанием многих работ на данную тему сделан В. Т. Трофимовым [2009]. Вслед за ним отметим, что в разные годы (рис. 1) ряд ученых, в том числе В. Б. Сочава, К. И. Сычев, Е. А. Козловский, относили геоэкологию к *геологическим* наукам, считая приоритетным объектом исследования литосферу, так или иначе связываемую с атмосферой, гидросферой, биосферой и техносферой. Н. Ф. Реймерс и К. М. Петров уменьшили роль литосферы и в качестве

важнейших абиотических сред, взаимодействующих с биотой, как ранее К. Тролль (первым ввел термин «геоэкология»), предложили изучать атмосферу и поверхностную гидросферу.

Подавляющее большинство специалистов (см. рис. 1) рассматривают геоэкологию как междисциплинарную науку, в ряде случаев вводя эту ее отличительную черту в определение. Например, согласно одному из них, «геоэкология – междисциплинарная наука, изучающая экологические функции абиотических сфер Земли, 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, 2009 и др.].

В своих новых работах сторонники *географического* подхода [Краснов, Баринаова, 2018] прогнозируют формирование в перспективе единой географии на основе синтеза ряда географических наук прежде всего в силу ее экологизации и гуманитаризации. Другими словами, предполагается создание новой теории общей географии на основе синтеза естественных и гуманитарных наук.

В этом смысле, как представляется, не менее перспективным является развитие таких ответвлений геолого-географических наук, как *география подземного пространства и подземная геоэкология*.

Первое (география подземного пространства) должно оформиться на стыке геологии и географии (в дополнение к геоморфологии, спелеологии, палеогеографии и геоэкологии) как направление, связываемое с предполагаемым интенсивным освоением геологического пространства человеком (междугородные и международные подземные транспортные коммуникации, масштабная подземная урбанизация, размещение производительных сил под землей, создание и поддержание особо охраняемых и туристско-рекреационных подземных пространств и т. п.). Такая дифференциация должна быть учтена при решении проблемы становления единой географии.

Не анализируя подробно в данной статье *теорию географического поля* [Трофимов, Солодухо, 1986; Трофимов и др., 2010], которая в единой географии призвана «объединить все специфические разнокачественные и разноразличные географические взаимодействия» [Теория..., 2018], сделаем отступление и зададимся вопросом – чем и как это поле может быть измерено? Ведь нахождение нужных измерителей, отвечая принципу измеримости Н. Кузанского [Кузнецов, Большаков, 2013], могло бы устранить соответствующие междисциплинарные разрывы и помочь становлению предложенной теории. Очевидно, что широкий набор важнейших частных измерителей для характеристики предметов, явлений, в целом геосистем и «географических полей», заимствованный из интегрированных наук (история, экономика, геодезия, математика, физика, химия, биология и т. д.), не является основополагающим для единой географии. Основными отличительными понятиями единой географии являются территория (пространство), пространственное положение предметов (вещей, объектов). Время при этом должно рассматриваться как показатель, фиксирующий момент смены и длительность событий без обязательной привязки к историческим датам, которая свойственна исторической географии. Каждая территория (часть пространства) в каждый момент времени могла бы быть охарактеризована *напряженностью и потенциалом* географического поля (по аналогии с физическими полями). Хотя наименование второго критерия не слишком удачно. В этом смысле принято говорить о ресурсном, экономическом, экологическом, демографическом, научном и т. д.

потенциале территории, региона и пр. Вместо напряженности географического поля можно оценивать и косвенно измерять *географическую напряженность*, которая на конкретной территории складывается из проявляемых в той или иной степени или практически отсутствующих напряженностей: *экономической, политической, демографической, социальной, экологической, энергетической, продовольственной* и т. д.

Второе из названных выше направлений (подземная геоэкология) развивается в системе экологических наук и комплексе наук о Земле как геоэкология подземного пространства [Потапов, Чернышев, 2013], включающая, в частности, подземную геоэкологию мегаполисов. Последняя изучает «геосферные оболочки Земли как компоненты окружающей среды и происходящие в них изменения под влиянием городского подземного строительства» [Куликова, 2005].

Географический подход к экологически ориентированным исследованиям поддерживал В. Б. Поздеев [2006], указывавший на наличие особенностей у *географической концепции региональной геоэкологии*. Важнейшими аспектами этой концепции являются понимание геоэкологии как интегрального географического научного направления (материнские науки – экология и география), изучающего территориальные аспекты экологических проблем, возникающих в результате взаимодействия населения, хозяйства (экономики) и природы, а также системный подход и собственная методология, которая присуща региональной геоэкологии.

Со своей стороны, при изучении трансформаций экологических систем, происходящих под влиянием климатических изменений и других причин (прежде всего химического загрязнения природного и техногенного происхождения), мы связывали понятие «геоэкологическая модель» (территории) с определением *геоэкологии как комплексной науки, синтезирующей элементы геологии, географии, почвоведения и биологии*. При рассмотрении отдельных компонентов природной среды (в том числе измененной) анализировали объекты, исследуемые указанными частными науками, например, в системах «поверхностные воды – донные осадки – биота» или «атмосфера – почва – биота» [Рыбаков и др., 2013].

Таким образом, несмотря на большое число нерешенных проблем, связанных с развитием единой географии и геоэкологии как ее экологически ориентированного раздела, имеются значительные основания не только для даль-

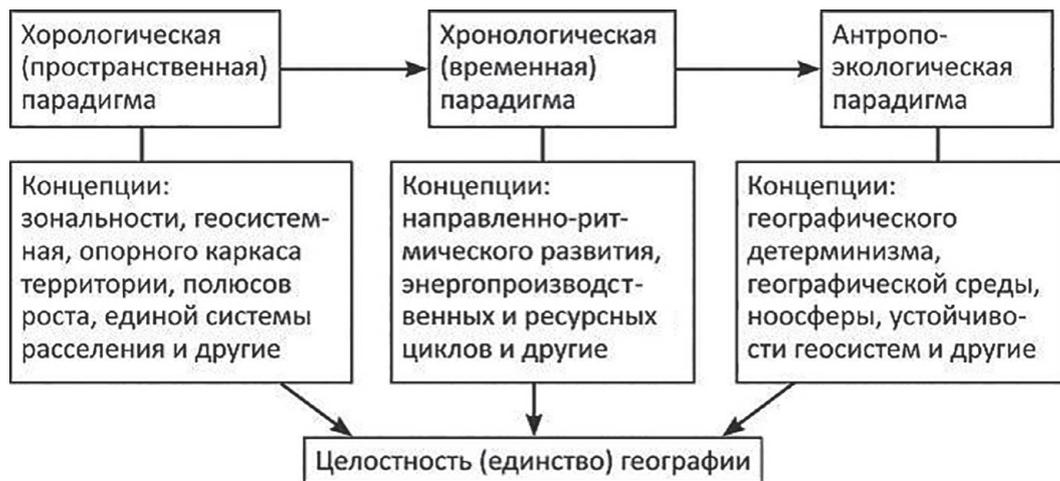


Рис. 2. Концептуальная схема развития географии [по: Кочуров и др., 2018]

Fig. 2. A conceptual scheme of the formation of geography [after: Kochurov et al., 2018]

нейших интегрирующих теоретических и методологических исследований и разработок, но и для практического применения уже полученных знаний для целей устойчивого развития.

Границы географической оболочки и современные концепции геоэкологии

Дискуссионным остается вопрос о распространении границ географической оболочки [Арчиков, Никонорова, 2003; Верзилин, 2005; Дзгоева, 2012; Бондарев, 2017]. Признано, что эти границы постоянно расширяются по мере проникновения человечества в космос и подземное пространство [Кочуров и др., 2018]. На наш взгляд, верхняя граница географической оболочки должна проводиться в пределах околоземного пространства, в которых в настоящее время летают космические станции, искусственные спутники Земли и накоплена масса ставшего космическим мусора. Ступени ракет, отработавшие свой ресурс, и аварийные спутники нередко падают на поверхность Земли и в океан, неполностью сгорая в атмосфере. Нижнюю границу географической оболочки целесообразно проводить по глубинам, достигнутым сверхглубоким бурением, которое помогает изучать [Шеховцова, Верховцева, 2011 и др.] подземную биосферу глубоко от поверхности Земли. Заметим, что, по оценкам ученых, работавших по десятилетней международной программе Deep Carbon Observatory (<https://deercarbon.net/life-deep-earth-totals-15-23-billion-tonnes-carbon>), общий объем подземной (глубинной) биосферы составляет от 2 до 2,3 млрд км³, что почти в два раза превышает объем Мирового океана. Охват научной мыслью всего пространства географической обо-

лочки, научное обоснование безопасной для планеты и ее населения хозяйственной и иной деятельности на определенной части этого пространства представляет собой способ реализации эколого-географического мышления. Данное положение, как нам представляется, является синтезом территориальности и комплексности (по сути системности), объединенных Н. Н. Баранским [1938] в определении географического мышления, и экологического подхода, являющегося продуктом экологического (планетарного) мышления, с помощью которого мы познаем природу как единое целое, принимаем меры для ее сохранения.

Целостность географии как науки во многом определяется ее развитием (рис. 2), значение геоэкологии – ее ориентированностью на живое вещество и среду обитания живых организмов. При этом в соответствии с геоэкологической парадигмой изначально представляется целесообразным выделение трех основных рядов (групп) концепций: геоэкологических ситуаций (условий, обстановок) и состояний геосистем (хорологическая), геоэкологических изменений (хронологическая), геоэкологических (биосферосовместимых, «зеленых», альтернативных и т. п.) технологий и управления риском (природоохранная или экологического императива). Третья группа концепций пока еще остается за пределами нашего рассмотрения. Вместе с тем нужно отметить, что исследования в этой области и их практическое применение крайне важны для целей устойчивого развития, включая снижение экологического риска и риска здоровью человека.

Хорологический и хронологический подходы предполагают изучение состояний и изменений геосистем разного структурного уров-

ня (планетарный, региональный, локальный). Объектом *планетарной (глобальной) геоэкологии* является планета в целом, ее геосферы, крупнейшие геосистемы (океаны, материки) и все протекающие на/в них глобальные процессы. Эти же подходы реализуются на региональном уровне (*региональная геоэкология*), на котором исследуется та или иная территория, отличающаяся от других территорий своим специфическим комплексом природных (геологических, ландшафтных, климатических) и производственно-экономических условий. Для изучения отдельных относительно небольших территорий и местных объектов (промышленные площадки, городские парки, скверы, лесные массивы или болота (урочища), лесные делянки, месторождения полезных ископаемых, сельхозугодья, небольшие водные объекты, поля фильтрации, свалки и полигоны твердых коммунальных отходов и т. д.) выделим *геоэкологию локальных систем*.

В разных близких интерпретациях концепции состояний (хорологические, но в том числе с учетом происходящих геоэкологических изменений) представлены: концепцией экологически дестабилизированной природной среды [Залетаев, 1988, 1989; Геоэкология..., 2015], геоситуационной концепцией [Трофимов, 1988, 2007; Рубцов и др., 2008; Трофимов и др., 2009 и др.], концепцией геоэкологического районирования [Климанова, 2014], концепцией экологически устойчивого развития территорий [Лебедев, 2015] и т. д.

Хронологические концепции предполагают изучение изменений состояния геосистем (территорий) в различных временных диапазонах (миллионно- и тысячелетних, вековых, многолетних, годовых, сезонных, суточных). При этом оцениваются масштабы и скорости изменений, а в рамках соответствующих концепций и теорий создаются прогнозные модели эволюционного (устойчивого, циклического) развития и катастрофических изменений.

Важность палеогеографических и палеоэкологических исследований для понимания современных тенденций преобразования природы неоспорима как при оценке климатических, так и при изучении ландшафтных изменений. Основным механизмом оценки текущих состояний и изменений гео- и экосистем является геоэкологический мониторинг. В нашей стране основополагающие концепции геоэкологического мониторинга предлагались и развивались Ю. А. Израэлем, И. П. Герасимовым [Снытко, Собисевич, 2017], А. Г. Емельяновым [1994].

Другим важным направлением, которое способно стать основой ряда научных концепций

в геоэкологии, является изучение временных рядов. Первичные данные для их построения могут быть получены не только путем постоянных наблюдений за состоянием гео- и экосистем, но и с помощью природных объектов, способных хранить часто непрерывную летопись исторических, эволюционных и катастрофических событий, которые в течение времени происходили и происходят, затрагивая всю планету или конкретные территории (ледяные керны, слои донных отложений водных объектов, годичные кольца деревьев).

Особенности геохимического подхода к исследованию геолого-географических систем и процессов

А. И. Перельман [1989] выделил три аспекта геохимических исследований, согласно которым изучаются: миграция элементов в определенных системах (*геохимия систем*), миграция элементов в определенных процессах (*геохимия процессов*) и поведение элементов в разных процессах и системах (*геохимия элементов*). С точки зрения влияния на биоту, включая человека, важными для геоэкологической оценки и прогнозирования являются геохимические системы и процессы как природного, так и техногенного происхождения.

Анализ исторических и современных тенденций развития геоэкологии, попытка как можно полнее понять мир в целом, познать многообразие протекающих в нем процессов и взаимосвязей, пока еще разрушительный для живой природы характер техногенеза приводят нас к необходимости комплексного подхода к проводимым исследованиям. В этой связи, ввиду различий в масштабах и неодинаковой функциональной направленности природных и техногенных процессов, многообразия соотношений формируемых ими взаимосвязей, для разных территорий могут быть важны в разной степени сочетающиеся геологический (геосферный) и географический (геосистемный) подходы. Это становится особенно понятным при изучении вещественного состава земных оболочек, геосфер или их абиотических и биотических частей (геокомпонентов) и геохимических процессов, протекающих в геосистемах. Действительно, изначально в своих эмпирических исследованиях мы имеем дело с химическим составом тех или иных геокомпонентов и геосфер. На уровне геосистем и ландшафтов говорят не о химическом составе этих структурных элементов географической оболочки, а об их геохимических особенностях, анализируя данные о содержании химических веществ в отдельных геокомпонентах (почво-

образующие породы, почва, донные осадки, поверхностные воды, растительность и т. д.). При этом именно в геосистемах мы видим весь спектр взаимодействий между геосферами, абиотическими и биотическими геокомпонентами, что при изучении миграции химических элементов делает незаменимым ландшафтно-геохимический подход, выступающий в данном случае как часть геолого-географического анализа. Поэтому в целом мы должны говорить о геолого-географическом подходе к проводимым геоэкологическим исследованиям, также отдавая приоритет изучению последствий геоэкологических изменений для биоты, включая человека. В этом смысле «В. М. Шестаков видит естественнонаучное содержание геоэкологии в изучении процессов в природно-технической системе «геосферы – биосфера» при хозяйственной деятельности человека. Геолого-географические подходы, по его мнению, есть главные в геоэкологии» [цит. по: Горшков, 1998].

В этом же контексте особое внимание следует уделить *источникам экологической опасности*, которые, в случае их воздействия на живые организмы, становятся факторами экологического риска. Часть выделяемых нами и другими исследователями [Рыбаков и др., 2013; Рыбаков, 2017] источников, способных формировать экологические риски (природные литогеохимические аномалии, выходящие на поверхность Земли подземные газы и эманации, разномасштабные геологические процессы как природного, так и техногенного происхождения и т. п.), заведомо связана с внутренними слоями Земли. Другая часть (прежде всего выбросы, сбросы, физические поля расположенных на земной поверхности и частично под ней объектов техносферы) связывается как с компонентами геологической среды, в пределах которой находятся техногенные объекты [Аверкина, 1997], так и с географической оболочкой в целом.

Показательно, что различные промышленные центры и отдельные предприятия (объекты техносферы), являясь в той или иной степени центрами притяжения рабочей силы, также могут квалифицироваться и как региональные/локальные центры экологической дестабилизации, если они оказывают вредное воздействие на соответствующие гео- и экосистемы. Региональные и локальные центры дестабилизации, характеризующиеся прежде всего химическим загрязнением природных сред, следует отличать от выделенных ранее глобальных центров дестабилизации биосферы [Арский и др., 1997], отличительной чертой которых являются значительные по площади пространства, занятые техносферой.

Таким образом, геохимический подход предполагает, что в состав геохимической геолого-географической системы (геосистемы) должны последовательно включаться: источники загрязнения (региональные и локальные центры эколого-геохимической дестабилизации) – абиотические компоненты геосистемы (горные породы, почвы, воздух, природные воды) – биота без человека (растения, грибы, животные организмы) – человек, в том числе как организующий и управляющий компонент.

Заключение

Проводимые нами исследования затрагивают в основном состояния природно-техногенных систем, сложившиеся в результате воздействия процессов (комплекса факторов), промежуточных между естественными (эволюционными) и катастрофическими. С позиций эколого-геохимического подхода речь идет о возникновении центров геоэкологической дестабилизации, нарушениях в природных системах естественного круговорота веществ, привнесении в геосистемы химических элементов и их соединений в количествах, ухудшающих нормальный (характерный для биоценозов или социценозов) ход биологических процессов, не приводящих к пониманию последствий таких нарушений как катастрофических. Данный подход опирается на эколого-геохимические основы созданного В. И. Вернадским учения о биосфере [Барабанов, 1985, 1987; Вернадский, 1989, 1994; Яблоков и др., 2015] и, несомненно, вносит существенный вклад в изучение и оценку многих рисков, возникающих на пути предопределенного В. И. Вернадским [2013] перехода биосферы в ноосферу.

Основаниями для выделения автором геолого-географического подхода к геоэкологии являются: распространение границ географической оболочки за пределы поверхности Земли; проникновение жизни во все геосферы, в том числе существование глубинной биосферы; проявление на поверхности Земли геодинамических процессов, включая выделение газов и эманаций в зонах активных разломов и трещиноватости земной коры; базовая роль горных пород в ландшафтообразовании (подземные ландшафты, вместилище и источник подземных и грунтовых вод, почво- и рельефообразование); освоение подземного пространства человеком.

Геолого-географический (геосферно-геосистемный) подход к геоэкологии имеет эколого-геохимическое обоснование, базирующееся на двух аспектах формирования геоэкологиче-

ских обстановок на конкретных территориях. Первый аспект связан с качественным и количественным химическим (элементным) составом геосфер и компонентов геосистем, второй – с геохимическими процессами, определяющими все разнообразие геохимических связей как внутри каждой отдельной геосистемы, так и между разными геосистемами.

Основной проблемой единой географии и геоэкологии, исходя из принципа измеримости, остается отсутствие объединяющих системных измерителей, которые пока заменяются количественными величинами, используемыми интегрированными науками, в том числе геохимией.

Автор признателен чл.-корр. РАН, проф. А. Ф. Титову, д. г.-м. н., проф. Е. Г. Пановой за внимание к настоящей работе и полезные консультации, а также благодарит д. г.-м. н., проф. Е. В. Краснова и д. г. н., проф. С. И. Зотова за конструктивные обсуждения рассматриваемой проблемы.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (Институт геологии КарНЦ РАН).

Литература

Аверкина Т. И. Литотехнические системы как результат взаимодействия природных и технических объектов в приповерхностной части литосферы // Теория и методология экологической геологии / Ред. В. Т. Трофимов. М.: МГУ, 1997. С. 213–230.

Арский Ю. М., Данилов-Данильян В. И., Залиханов М. Ч., Кондратьев К. Я., Котляков В. М., Лосев К. С. Экологические проблемы: Что происходит, кто виноват и что делать? Учеб. пособие / Ред. В. И. Данилов-Данильян. М.: МНЭПУ, 1997. 332 с.

Арчиков Е. И., Никонорова И. В. Пространственные и временные границы географической оболочки // Вестник ЧГУ. 2003. № 2. С. 118–122. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prostranstvennye-i-vremennye-granitsy-geograficheskoy-obolochki> (дата обращения: 10.01.2020).

Барабанов В. Ф. Геохимия: Учебник для вузов. Л.: Недра, 1985. 423 с.

Барабанов В. Ф. В. И. Вернадский и его учение о биосфере // Геохимические идеи В. И. Вернадского в наши дни: к 100-летию со дня окончания В. И. Вернадским Петербургского университета / Ред. В. Ф. Барабанов. Л.: ЛГУ, 1987. С. 3–28.

Баранский Н. Н. Консультация // География в школе. 1938. № 2. С. 90.

Бондарев В. П. Концепции современного естествознания: Учебник. М.: КноРус, 2017. 520 с.

Верзилин Н. Н. Географическая оболочка: понятие и модель эволюции // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География.

2005. № 3. С. 37–48. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21100767> (дата обращения: 10.09.2019).

Вернадский В. И. Несколько слов о ноосфере // Ноосферные исследования. 2013. № 1(3). С. 6–17. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25321143&> (дата обращения: 09.02.2019).

Вернадский В. И. Биосфера и ноосфера. М.: Наука, 1989. 258 с.

Вернадский В. И. Труды по геохимии. М.: Наука, 1994. 496 с.

Геоэкология: Учеб.-метод. пособие / Сост. Г. С. Ажаев. Павлодар: Кереку, 2015. 110 с.

Голубчик М. М., Евдокимов С. П., Максимов Г. Н. История географии: Учеб. пособие. Смоленск: СмолГУ, 1998. 224 с.

Горшков С. П. Концептуальные основы геоэкологии: Учеб. пособие. Смоленск: СмолГУ, 1998. 448 с.

Дзагоева Е. А. Соотношение понятий «ландшафт» и «геосистема» в географическом пространстве и времени // Вестник Томского государственного университета. 2012. С. 182–185. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17716391> (дата обращения: 10.09.2019).

Емельянов А. Г. Комплексный геоэкологический мониторинг: Учеб. пособие. Тверь: ТГУ, 1994. 88 с.

Залетаев В. С. Концепция экологически дестабилизированной среды и ее химико-экологические аспекты // Экологическая химия водной среды. М.: ИХФ АН СССР, 1988. С. 228–240.

Залетаев В. С. Экологически дестабилизированная среда: Экосистемы аридных зон в изменяющемся гидрологическом режиме. М.: Наука, 1989. 148 с.

Климанова О. А. Геоэкологическое районирование Африки и Европейского Средиземноморья: Дис. ... докт. геогр. наук. М., 2014. 326 с.

Кочуров Б. И., Винокурова Н. Ф., Юртаев А., Глебова О., Соткина С., Пухова А. Введение в географию: Учеб. пособие / Ред. Б. И. Кочуров. М.: КноРус, 2018. 186 с.

Краснов Е. В., Баранова Г. М. Современная география на путях к междисциплинарному синтезу // Материалы 4-го Междунар. кругл. стола, посв. памяти д. г. н., проф. Ю. В. Поросенкова / Отв. ред. Н. В. Яковенко. 2018. С. 15–17. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36589015> (дата обращения: 05.09.2019).

Куликов В. С., Светов С. А., Слабунов А. И., Куликова В. В., Полин А. К., Голубев А. И., Горьковец В. Я., Иващенко В. И., Гоголев М. А. Геологическая карта Юго-Восточной Фенноскандии масштаба 1:750 000: Новые подходы к составлению // Труды КарНЦ РАН. 2017. № 2. С. 3–41. doi: 10.17076/geo44

Куликова Е. Ю. Подземная геоэкология мегаполисов. М.: МГГУ, 2005. 480 с.

Кузнецов О. Л., Большаков Б. Е. Мировоззрение устойчивого развития: учеб. пособие. М.: РАЕН; Дубна: Ун-т «Дубна», 2013. 221 с.

Лебедев Ю. В. Экологически устойчивое развитие территорий: патриотический взгляд / Отв. ред. В. П. Ануфриев; Урал. гос. горный ун-т. Екатеринбург: УГГУ, 2015. 156 с.

Перельман А. И. Геохимия. М.: Высшая школа, 1989. 528 с.

Поздеев В. Б. Географическая концепция региональной геоэкологии: Дис. ... докт. геогр. наук. Калининград, 2006. 336 с.

Потапов А. Д., Чернышев С. Н. Геоэкология подземного пространства в ряду экологических наук // Вестник МГСУ. 2013. № 1. С. 159–168. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18801733> (дата обращения: 02.01.2020).

Рубцов В. А., Трофимов А. М., Солодухо Н. М., Шабалина С. А. Геоситуационная концепция – одно из новых направлений в географии (к итогам Международной научной конференции «Геоситуационный анализ». Казань, 26–29 сентября 2007 г.) // Изв. РАН. Сер. геогр. 2008. № 6. С. 99–100. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=11634287> (дата обращения: 04.01.2020).

Рыбаков Д. С. Геоэкология Карелии: геохимический подход к проблемам оценки риска. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2017. 313 с.

Рыбаков Д. С., Крутских Н. В., Шелехова Т. С., Лаврова Н. Б., Слукровский З. И., Кричевцова М. В., Лазарева О. В. Климатические и геохимические аспекты формирования экологических рисков в Республике Карелия / Отв. ред. А. В. Яблоков. СПб.: ЭлекСис, 2013. 130 с.

Снытко В. А., Собисевич А. В. Концепция геоэкологического мониторинга в трудах академика И. П. Герасимова // География: развитие науки и образования. СПб.: РПГУ им. А. И. Герцена, 2017. С. 88–91.

Теория и методология географической науки: учебник для бакалавриата и магистратуры / Ред. С. П. Евдокимов, С. В. Макара, А. М. Носонов. 2-е изд., испр. и доп. М.: Юрайт, 2018. 483 с. URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/414441> (дата обращения: 04.01.2020).

Трофимов А. М. Геоситуационная концепция // Геоситуационный анализ: Междунар. науч. конф. (Казань, 26–29 сентября 2007 г.). Казань: Меддок, 2007. С. 10–20.

Трофимов А. М. Проблемы научного поиска в географии // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1988. № 4. С. 98–106.

Трофимов А. М., Рубцов В. А., Ермолаев О. П. Региональный геоэкологический анализ: Учеб. пособие. Казань: Бриг, 2009. 270 с.

Трофимов А. М., Рубцов В. А., Краснов Е. В., Шабалина С. А. О целостности, единстве и целевой установке современной географии // Вестник БФУ им. И. Канта. Сер. Естественные и медицинские науки. 2010. № 1. С. 8–15. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13214619> (дата обращения: 02.01.2020).

Трофимов А. М., Солодухо Н. М. Вопросы методологии современной географии. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1986. 83 с.

Трофимов В. Т. Парадоксы современной геоэкологии // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 2009. № 4. С. 3–13. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13023928> (дата обращения: 04.09.2019).

Четвертичные отложения Финляндии и Северо-Запада Российской Федерации и их сырьевые ресурсы. Масштаб 1:1000000. Лист 2 – Восточная часть / Ред. Й. Ниэмеля, И. М. Экман, А. Д. Лукашов. Хельсинки: Карттакекус, 1993.

Шеховцова Н. В., Верховцева Н. В. Железоредактирующие микроорганизмы в сверхглубоких вулканических породах // Вестник ОГУ. 2011. № 12(131). С. 363–365. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17671757> (дата обращения: 09.10.2019).

Экологические проблемы освоения месторождения Средняя Падма / Отв. ред. Е. П. Иешко. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. 110 с.

Яблоков А. В., Левченко В. Ф., Керженцев А. С. Очерки биосферологии. 1. Выход есть: переход к управляемой эволюции биосферы // Philosophy and Cosmology. 2015. Т. 14, № 1. С. 91–117. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_23068974_15742776.pdf (дата обращения: 06.07.2018).

Янин Е. П. Очерки жизни и деятельности академика В. И. Вернадского. М.: ГЕОХИ РАН, 2018. 179 с.

Поступила в редакцию 17.01.2020

References

Archikov E. I., Nikonorova I. V. Prostranstvennye i vremennye granitsy geograficheskoi obolochki [Spatial and time frames of geographical environment]. *Vestnik ChGU* [Bull. Chuvash Univ.]. 2003. No. 2. P. 118–122. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prostranstvennye-i-vremennye-granitsy-geograficheskoy-obolochki> (accessed: 10.01.2020).

Arskii Yu. M., Danilov-Danil'yan V. I., Zalikhanov M. Ch., Kondrat'ev K. Ya., Kotlyakov V. M., Losev K. S. Ekologicheskie problemy: Chto proiskhodit, kto vinovat i chto delat'? Ucheb. posobie [Environmental issues: What is happening, who is to blame and what to do? A study guide]. Ed. V. I. Danilov-Danil'yan. Moscow: MNEPU, 1997. 332 p.

Averkina T. I. Litotekhnicheskie sistemy kak rezul'tat vzaimodeistviya prirodykh i tekhnicheskikh ob'ektov v pripoverkhnostnoi chasti litosfery [Lithotechnical systems as a result of natural and technological objects interaction in the near-surface part of the lithosphere].

Teoriya i metodologiya ekol. geologii [Theory and Methodology of Ecol. Geology]. Ed. V. T. Trofimov. Moscow: MGU, 1997. P. 213–230.

Barabanov V. F. *Geokhimiya: Uchebnik dlya vuzov* [Geochemistry: a textbook for university students]. Leningrad: Nedra, 1985. 423 p.

Barabanov V. F. V. I. Vernadskii i ego uchenie o biosfere [V. I. Vernadsky and his theory of biosphere]. *Geokhim. idei V. I. Vernadskogo v nashi dni: k 100-letiyu so dnya okonchaniya V. I. Vernadskim Peterburg. univ.* [Geochem. ideas of V. I. Vernadsky today: to the 100th anniv. of the graduation of V. I. Vernadsky from St. Petersburg Univ.]. Ed. V. F. Barabanov. Leningrad: LGU, 1987. P. 3–28.

Baranskii N. N. Konsul'tatsiya [Consultation]. *Geografiya v shkole* [Geography at school]. 1938. No. 2. P. 90.

Bondarev V. P. Kontseptsii sovremennogo estestvoznaniya: Uchebnik [Conceptions of contemporary

natural science: a textbook]. Moscow: KnoRus, 2017. 520 p.

Chetvertichnye otlozheniya Finlyandii i Severo-Zapada Rossijskoi Federatsii i ikh syr'evye resursy. Masshtab 1:1 000 000. List 2 – Vostochnaya chast' [The Quaternary deposits in Finland and the northwest of the Russian Federation and their raw materials resources. Scale 1:1 000 000. Sh. 2 – Eastern part]. Eds. I. Niemylya, I. M. Ekman, A. D. Lukashov. Khel'sinki: Karttakekus, 1993.

Dzagoeva E. A. Sootnoshenie ponyatii "landshaft" i "geosistema" v geograficheskom prostranstve i vremeni [Value concepts of "landscape" and "geosystem" in geographical space and time]. *Vestnik Tomskogo gos. univ.* [Tomsk St. Univ. J.]. 2012. P. 182–185. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17716391> (accessed: 10.09.2019).

Ekologicheskie problemy osvoeniya mestorozhdeniya Srednyaya Padma [Ecological problems of the Srednyaya Padma deposit development]. Ed. E. P. Ieshko. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2005. 110 p.

Emel'yanov A. G. Kompleksnyi geoeologicheskiy monitoring: Ucheb. posobie [Complex geoeological monitoring: a study guide]. Tver': TGU, 1994. 88 p.

Geoekologiya: Ucheb.-metod. posobie [Geoecology: a study guide]. Ed. G. S. Azhaev. Pavlodar: Kereku, 2015. 110 p.

Golubchik M. M., Evdokimov S. P., Maksimov G. N. Istoriya geografii: Ucheb. posobie [History of geography: a study guide]. Smolensk: SmolGU, 1998. 224 p.

Gorshkov S. P. Kontseptual'nye osnovy geoekologii: Ucheb. posobie [Conceptual framework of geoecology: a study guide]. Smolensk: SmolGU, 1998. 448 p.

Klimanova O. A. Geoekologicheskoe raionirovanie Afriki i Evropejskogo Sredizemnomor'ya [Geoecological zoning of Africa and the European Mediterranean region]: DSc (Dr. of Geogr.) thesis. Moscow, 2014. 326 p.

Kochurov B. I., Vinokurova N. F., Yurtaev A., Glebova O., Sotkina S., Pukhova A. Vvedenie v geografiyu: Ucheb. posobie [Introduction to geography: a study guide]. Ed. B. I. Kochurov. Moscow: KnoRus, 2018. 186 p.

Krasnov E. V., Barinova G. M. Sovremennaya geografiya na putyakh k mezhdistsiplinarnomu sintezu [Current geography on its way to the interdisciplinary synthesis]. *Mat. 4-go Mezhdunar. krugl. stola, posv. pamyati d. g. n., prof. Yu. V. Porosenkova* [Proceed. 4th int. panel discussion dedicated to the memory of professor Yu. V. Porosenkov]. Ed. N. V. Yakovenko. 2018. P. 15–17. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36589015> (accessed: 05.09.2019).

Kulikov V. S., Svetov S. A., Slabunov A. I., Kulikova V. V., Polin A. K., Golubev A. I., Gor'kovets V. Ya., Ivashchenko V. I., Gogolev M. A. Geologicheskaya karta Yugo-Vostochnoi Fennoskandii masshtaba 1:750 000: Novye podkhody k sostavleniyu [Geological map of Southeastern Fennoscandia (scale 1:750 000): a new approach to map compilation]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 2017. No. 2. P. 3–41. doi: 10.17076/geo444

Kulikova E. Yu. Podzemnaya geoekologiya megapolisov [Underground ecology of a metropolis]. Moscow: MGGU, 2005. 480 p.

Kuznetsov O. L., Bol'shakov B. E. Mirovozzrenie ustoychivogo razvitiya: Ucheb. posobie [Mindset of sustainable development: a study guide]. Moscow: RAEN; Dubna: Un-t «Dubna», 2013. 221 p.

Lebedev Yu. V. Ekologicheski ustoychivo razvitiye territorii: patrioticheskii vzglyad [Environmentally sustainable development of the territory: a patriotic view]. Ed. V. P. Anufriev; Ural. st. mining univ. Ekaterinburg: UGGU, 2015. 156 p.

Perel'man A. I. Geokhimiya [Geochemistry]. Moscow: Vysshaya shkola, 1989. 528 p.

Potapov A. D., Chernyshev S. N. Geoekologiya podzemnogo prostranstva v ryadu ekologicheskikh nauk [Geo-ecology of the subterranean space within the framework of environmental sciences]. *Vestnik MGSU* [Vestnik MGSU]. 2013. No. 1. P. 159–168. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18801733> (accessed: 02.01.2020).

Pozdeev V. B. Geograficheskaya kontseptsiya regional'noi geoekologii [Geographical conception of regional geoecology]: DSc (Dr. of Geogr.) thesis. Kaliningrad, 2006. 336 p.

Rubtsov V. A., Trofimov A. M., Solodukho N. M., Shabalina S. A. Geosituatsionnaya kontseptsiya – odno iz novykh napravlenii v geografii (k itogam Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii "Geosituatsionnyi analiz". Kazan', 26–29 sentyabrya 2007 g.) [The geo-situational concept is one of the new directions in geography (to the results of the International scientific conference *Geo-situational analysis*. Kazan, September 26–29, 2007)]. *Izv. RAN. Ser. geogr.* [Proceed. RAS. Geographical Ser.]. 2008. No. 6. P. 99–100. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=11634287> (accessed: 04.01.2020).

Rybakov D. S. Geoekologiya Karelii: geokhimicheskiy podkhod k problemam otsenki riska [Geoecology of Karelia: the geochemical approach to risk assessment]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2017. 313 p.

Rybakov D. S., Krutskikh N. V., Shelekhova T. S., Lavrova N. B., Slukovskii Z. I., Krichevtsova M. V., Lazareva O. V. Klimaticheskie i geokhimicheskie aspekty formirovaniya ekologicheskikh riskov v Respublike Kareliya [Climatic and geochemical aspects of environmental risks formation in the Republic of Karelia]. Ed. A. V. Yablokov. St. Petersburg: ElekSis, 2013. 130 p.

Shekhovtsova N. V., Verkhovtseva N. V. Zhelezo-redutsiruyushchie mikroorganizmy v sverkhglubokikh vulkanicheskikh porodakh [Iron-reducing microorganisms in super-deep volcanic rocks]. *Vestnik OGU* [Vestnik OSU]. 2011. No. 12(131). P. 363–365. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17671757> (accessed: 09.10.2019).

Snytko V. A., Sobisevich A. V. Kontseptsiya geoekologicheskogo monitoringa v trudakh akademika I. P. Gerasimova [The concept of geoecological monitoring in the works of academician I. P. Gerasimov]. *Geografiya: razvitiye nauki i obrazovaniya* [Geography: development of science and education]. St. Petersburg: RPGU im. A. I. Gertsena, 2017. P. 88–91.

Teoriya i metodologiya geograficheskoi nauki: uchebnyy dlya bakalavriata i magistratury [Theory and methodology of geographical science: a textbook for undergraduate and graduate students]. Eds. S. P. Evdokimov, S. V. Makar, A. M. Nosonov. 2nd

ed. rev. and ext. Moscow: Yurait, 2018. 483 p. URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/414441> (accessed: 04.01.2020).

Trofimov A. M. Geosituatsionnaya kontseptsiya [Geo-situational conception]. *Geosituatsionnyi analiz: Mezhdunar. nauch. konf. (Kazan', 26–29 sentyabrya 2007 g.)* [Geo-situational analysis: Int. sci. conf. (Kazan, Sept. 26–29, 2007)]. Kazan': Meddok, 2007. P. 10–20.

Trofimov A. M. Problemy nauchnogo poiska v geografii [Problems of scientific research in geography]. *Izv. AN SSSR. Ser. geogr.* [Proceed. Acad. Sci. USSR. Geographical Ser.]. 1988. No. 4. P. 98–106.

Trofimov A. M., Rubtsov V. A., Ermolaev O. P. Regional'nyi geoeologicheskii analiz: Ucheb. posobie [Regional geocological analysis: a study guide]. Kazan': Brig, 2009. 270 p.

Trofimov A. M., Rubtsov V. A., Krasnov E. V., Shabalina S. A. O tselostnosti, edinstve i tselevoi ustanovke sovremennoi geografii [On the integrity, unity, and purpose of modern geography]. *Vestnik BFU im. I. Kanta. Ser. Estestv. i med. nauki* [IKBFU's Vestnik. Nat. and Medical Sci. Ser.]. 2010. No. 1. P. 8–15. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13214619> (accessed: 02.01.2020).

Trofimov A. M., Solodukho N. M. Voprosy metodologii sovremennoi geografii [Issues of current geography methodology]. Kazan': Izd-vo Kazanskogo un-ta, 1986. 83 p.

Trofimov V. T. Paradoksy sovremennoi geoeologii [Paradoxes of current geocology]. *Vestnik Moskovskogo univ. Seriya 4: Geol.* [Moscow Univ. Geol. Bull.]. 2009. No. 4. P. 3–13. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13023928> (accessed: 04.09.2019).

Vernadskii V. I. Neskol'ko slov o noosfere [A word on the noosphere]. *Noosfernye issledovaniya* [Study of the noosphere]. 2013. No. 1(3). P. 6–17. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25321143&> (accessed: 09.02.2019).

Vernadskii V. I. Biosfera i noosfera [Biosphere and noosphere]. Moscow: Nauka, 1989. 258 p.

Vernadskii V. I. Trudy po geokhimii [Works on geochemistry]. Moscow: Nauka, 1994. 496 p.

Verzilin N. N. Geograficheskaya obolochka: ponyatie i model' evolyutsii [Geographical environment: concept and model of evolution]. *Vestnik Sankt-Peterburg. univ. Ser. 7. Geologiya. Geografiya* [Vestnik St. Petersburg Univ. Ser. 7. Geology. Geography]. 2005. No. 3. P. 37–48. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21100767> (accessed: 10.09.2019).

Yablokov A. V., Levchenko V. F., Kerzhentsev A. S. Ocherki biosferologii. 1. Vychod est': perekhod k upravlyaemoi evolyutsii biosfery [Essays of biospherology. 1. There is a solution: go to the directed evolution of the biosphere]. *Philosophy and Cosmology*. 2015. Vol. 14, no. 1. P. 91–117. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_23068974_15742776.pdf (accessed: 06.07.2018).

Yanin E. P. Ocherki zhizni i deyatel'nosti akademika V. I. Vernadskogo [Essays on the life and work of academician V. I. Vernadsky]. Moscow: GEOKhI RAN, 2018. 179 p.

Zaletaev V. S. Ekologicheski destabilizirovannaya sreda: Ekosistemy aridnykh zon v izmenyayushchemsya gidrologicheskom rezhime [Ecologically destabilized environment: Ecosystems of arid zones in a changing hydrological regime]. Moscow: Nauka, 1989. 148 p.

Zaletaev V. S. Kontseptsiya ekologicheskii destabilizirovannoi sredy i ee khimiko-ekologicheskie aspekty [The concept of ecologically destabilized environment and its chemical and environmental aspects]. *Ekol. khimiya vodnoi sredy* [Ecol. chemistry of water environment]. Moscow: IKhF AN SSSR, 1988. P. 228–240.

Received January 17, 2020

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Рыбаков Дмитрий Сергеевич

старший научный сотрудник лаб. геохимии, четвертичной геологии и геоэкологии, к. г.-м. н.
Институт геологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: rybakovd@krc.karelia.ru

CONTRIBUTOR:

Rybakov, Dmitry

Institute of Geology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: rybakovd@krc.karelia.ru