

УДК 502/504: 007

В.А. Королев¹, В.Т. Трофимов²**К ПОСТРОЕНИЮ ОБЩЕЙ КЛАССИФИКАЦИИ
КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ***ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,
119991, Москва, ГСП-1, Ленинские Горы, 1**Lomonosov Moscow State University, 119991, Moscow, GSP-1, Leninskiye Gory, 1*

Изучались, главным образом, отдельные тела, — минералы, горные породы, растения и животные, — и явления, отдельные стихии, — огонь (вулканизм), вода, земля, воздух... но не — их соотношения, не та генетическая, вековая и всегда закономерная, связь, какая существует между силами, телами и явлениями, между мертвой и живой природой, между растительными, животными и минеральными царствами, с одной стороны, человеком, его бытом, и даже духовным миром, — с другой. А между тем, именно эти *соотношения*, эти закономерные *взаимодействия* и составляют сущность познания естества...—лучшую и высшую прелесть естествознания.

В.В. Докучаев (1899, с. 5)

Рассмотрены вопросы построения общей классификации континентальных природных и техногенных эколого-геологических систем, являющихся предметом исследования современной экологической геологии. Предложена классификация, учитывающая состав и особенности компонентов эколого-геологических систем.

Ключевые слова: эколого-геологическая система, классификация, экологическая геология, литотоп, эдафотоп, микробоценоз, фитоценоз, зооценоз.

The issues of constructing a general classification of continental natural and technogenic ecological-geological systems, which are the subject of research in modern ecological geology, are considered. A classification is proposed that takes into account the composition and characteristics of the components of ecological-geological systems.

Keywords: ecological-geological system, classification, ecological geology, litotope, edaphotop, microbocenosis, phytocenosis, zoocenosis.

Введение. В любой экосистеме осуществляется взаимодействие живых (биотических) и неживых (абиотических) компонентов. Для выявления взаимосвязи геологических абиотических компонентов с живыми организмами было введено понятие «эколого-геологическая система». Под эколого-геологической системой (ЭГС) понимают открытую динамическую систему, включающую три подсистемных блока — литосферный абиотический, биотический и источников природных и техногенных воздействий, тесно связанных прямыми и обратными причинно-следственными связями, обуславливающими ее структурно-функциональное единство [Теория..., 1997]. Понятие ЭГС близко к понятию «биогеоценоз», введенному В.Н. Сукачевым, который писал, что «биогеоценоз» — это «участок... однородный по горным породам, по влаге, по атмосферным явлениям, по почве, по растительности и животному миру» [Сукачев, 1942, цит. по 1972, с. 203–204].

Понятие об ЭГС разрабатывали В.Т. Трофимов и Д.Г. Зилинг [2002] в связи с концепцией эко-

логических функций литосферы, согласно которой литосфера и ее компоненты выполняют ряд функций, обеспечивающих экологические условия для биоты. Этими экологическими функциями являются: ресурсная, геодинамическая, геохимическая и геофизическая.

Вопросы геологического обоснования управления эколого-геологическими системами впервые рассмотрены В.Т. Трофимовым [2010] и В.А. Королевым [2020].

Между тем до сих пор отсутствует общая классификация эколого-геологических систем. Несмотря на имеющиеся по этому вопросу публикации [Королев, 2020], они касались лишь отдельных вопросов систематики ЭГС: классифицирования их по иерархии, по полноте компонентов, однородности и т. п. Множество различных типов сухопутных (континентальных) и водных (аквальных) ЭГС, природных и техногенных ЭГС, а также разнообразие потенциальных критериев, на основе которых можно строить классификацию ЭГС, до сих пор

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра инженерной и экологической геологии, профессор; *e-mail:* va-korolev@bk.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра инженерной и экологической геологии, заведующий, профессор; *e-mail:* trofimov@rector.msu.ru

не позволяло удовлетворительно решить вопрос их систематики. Трудность разработки их систематики во многом обусловлена сложностью этих систем. Поэтому целью работы было обоснование методических подходов к построению общей классификации континентальных ЭГС.

Понятие об ЭГС и их структуре. Термин «эколого-геологическая система» (ЭГС) был введен М.Б. Куриновым в 1985 г. [Куринов, 1985]. Под ней автор понимал «...систему, в которой подсистемные элементы (источники воздействия, геологический компонент природной среды, экологическая мишень) тесно связаны причинно-следственными прямыми и обратными связями» [Теория..., 1997, с. 249].

При этом ЭГС рассматривалась как «часть экосистемы, выполняющая функции жизнеобеспечения человека и биоты на базе геологического компонента природной среды» [Теория..., 1997, с. 249]. Позже В.Т. Трофимов и Д.Г. Зилинг понятие ЭГС использовали в качестве *объекта изучения* в экологической геологии, считая, что ЭГС — это «верхняя часть литосферы (включающая подземные воды и газы) как абиотическая компонента экосистем высшего уровня организации, или, рассматривая объектное поле экологической геологии с позиций системного подхода, своеобразная *эколого-геологическая система*» [Трофимов, Зилинг, 1994, с. 118].

Попытки разных ученых вычленили в пределах биосферы отдельные структуры, характеризующие взаимосвязь живого и неживого, например, горных пород и растений, почв и растений и т.д., предпринимались с конца XIX в. Так, Р.И. Аболин [1914] ввел понятие и выделил *эпигенему*, в состав которой входили такие компоненты (эпигены), как рельеф, почва, подпочвенный грунт и растительность, а однородные по компонентному составу участки он назвал *этиморфами*. Последние объединялись им в *этиформации*. Эти представления были весьма близки взглядам В.Н. Сукачева [1972] о биоценозе и современным взглядам на ЭГС В.Т. Трофимова [2009; 2012а,б].

В XX в. учение о взаимосвязи живого и неживого стало развиваться в нескольких направлениях: 1) *биоценологическое* — основанное на представлениях В.Н. Сукачева и его последователей о биогеоценозах (биоценологии); 2) *ландшафтное* — основанное на географическом ландшафтоведении (работы Л.С. Берга, Б.Б. Полюнова, С.В. Калесника и других); 3) *геоботаническое* — основанное на фитоценологии; 4) *экосистемное* — основанное на представлениях об экосистемах А.Г. Тенсли, Ю. Одума и других; 5) *эколого-геологическое* — основанное на представлениях В.Т. Трофимова и других об ЭГС. Все эти направления развиваются в настоящее время параллельно, взаимно обогащая и дополняя друг друга, в рамках более общего направления — учения В.И. Вернадского о *биосфере*.

В 2009 г. В.Т. Трофимов детально проанализировал понятие ЭГС и ее структуру [Трофимов, 2009].

В его публикациях, посвященных ЭГС (их свыше тридцати), наиболее полно раскрываются структура и содержание эколого-геологических системы. Под последней стали понимать *открытую динамичную систему, включающую три подсистемных блока (литосферный, абиотический, биотический) и источника природных и техногенных воздействий, тесно связанных прямыми и обратными причинно-следственными связями, обуславливающими ее структурно-функциональное единство* [Базовые ..., 2012]. «В практическом плане — это определенный объем литосферы с находящейся в ней и на ней биотой, включая человека и социум, на которые воздействуют природные и техногенные факторы, под влиянием которых развиваются современные геологические процессы в названной системе, влияющие на условия жизни биоты в ее рамках. Эта система исследуется как многокомпонентная система, включающая породы, подземные воды, нефть и газы, геохимические и геофизические поля и протекающие современные геологические процессы, влияющая на существование и развитие биоты, в том числе и человеческого сообщества» [там же, с. 207].

Позже появилась масса публикаций об ЭГС, раскрывающих особенности этих систем, их роль в экосистемах, их структуру, систематику и т.п., тем не менее многие авторы это понятие до сих пор трактуют искаженно или неправильно.

Экологическая геология исследует четыре типа экологогеологических систем: 1) природная эколого-геологическая система реальная; 2) природная эколого-геологическая система идеальная; 3) природно-техническая эколого-геологическая система идеальная; 4) природно-техническая эколого-геологическая система реальная [Трофимов, Зилинг, 2002].

Структура эколого-геологической системы и ее положение в объеме экосистемы согласно В.Т. Трофимову [2009] показана на рис. 1. Эта схема составлена с учетом изменения содержания экологии, выходом ее за границы биоэкологии, изучающей взаимодействия биотического и абиотического компонентов внутри экосистемы, и превращением в науку, исследующую систему природа — человек — общество, а также в связи с необходимостью устранения принципиальной ошибки прежних схем, в которых геологические факторы в системе биотопа не учитывались совсем или, если и учитывались, то в усеченном виде.

Если из этой схемы вычленили отдельно эколого-геологическую систему, то можно представить ее состав так, как показано на рис. 2. Как следует из этой схемы, ЭГС состоит из двух подсистем: абиотической (литотопа и эдафотопа, составляющих вместе биотоп) и биотической — биоценоза как совокупности микробиоценоза, фитоценоза и зооценоза. В отличие от схемы, приведенной на рис. 1, здесь вместо геодинамических процессов (которые не являются материальной субстанцией) введены геодинамические поля, их определяющие.

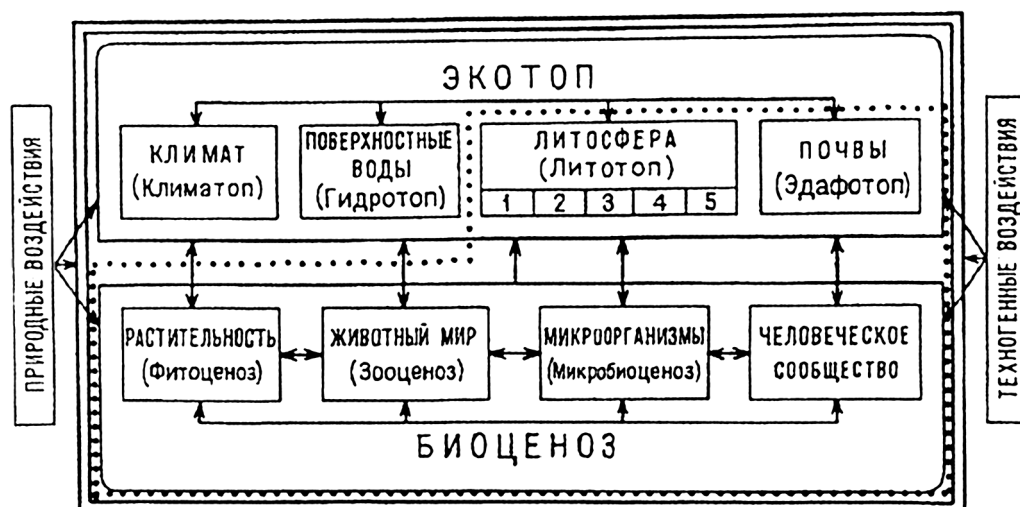


Рис. 1. Схема структуры экосистемы с учетом геологической составляющей и классов воздействий на нее. Точками выделены границы эколого-геологической системы: 1–5 — параметры литосферы: 1 — состав, строение и рельеф; 2 — подземные воды; 3 — геохимические поля; 4 — геофизические поля; 5 — современные эндо-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

Центральный вопрос при анализе ЭГС — установление взаимосвязи абиотической подсистемы с биотической. Может ли литотоп однозначно определять развитие на нем определенного биоценоза?

О взаимосвязи литотопа и биоценоза. Вопрос о взаимосвязи литотопа и биоценоза представляет собой по сути вопрос о влиянии неживого (литотопа) на живое (биоту). Сейчас среди ученых уже практически исчезли сомнения о наличии такого влияния. Однако правильнее говорить именно о взаимосвязи, а не о влиянии, поскольку биота в свою очередь тоже воздействует на неживое (литотоп). Уточним характеристику этой взаимосвязи, согласно схемам, показанным на рис. 3.

На рис. 3, а представлена схема взаимосвязей компонентов в природной ЭГС, из которой следует, что в природной полной ЭГС между пятью компонентами существует десять типов прямых взаимосвязей (показанных стрелками). Из них литотоп обуславливает четыре типа, напрямую влияя на эдафотоп (1 на рис. 3, а), микробиоценоз (2), фито- (4) и зооценоз (3). Однако, помимо этого прямого взаимодействия, компоненты биоценоза испытывают еще и иные прямые, а также косвенные взаимодействия. Таким образом, литотоп — не единственный фактор формирования биоценоза в ЭГС.

Ситуация еще более усложняется при анализе ЭГС, испытывающих антропогенное воздействие (за счет инженерных сооружений и иных технических объектов, а также социума) (рис. 3, б). В этом случае литотоп дополнительно взаимодействует с техническим объектом (5 на рис. 3, б), который в свою очередь напрямую взаимодействует со всеми компонентами биоценоза данной ЭГС. Число возможных взаимосвязей в ЭГС в этом случае возрастает до пятнадцати. Таким образом, в таких ЭГС литотоп обуславливает еще и дополнительное косвенное взаимодействие с биоценозом через технические объекты, включая социум.

При этом необходимо учитывать, что литотоп сам по себе имеет сложную внутреннюю структуру и состав, обусловленные: 1) массивами горных пород разного литолого-петрографического состава; 2) развитыми в их пределах геохимическими, геодинамическими и геофизическими полями; 3) рельефом; 4) гидрогеологическими и 5) мерзлотными (геокриологическими) условиями. Все эти факторы каждый по отдельности и все вместе и будут обуславливать сложную взаимосвязь литотопа с био-

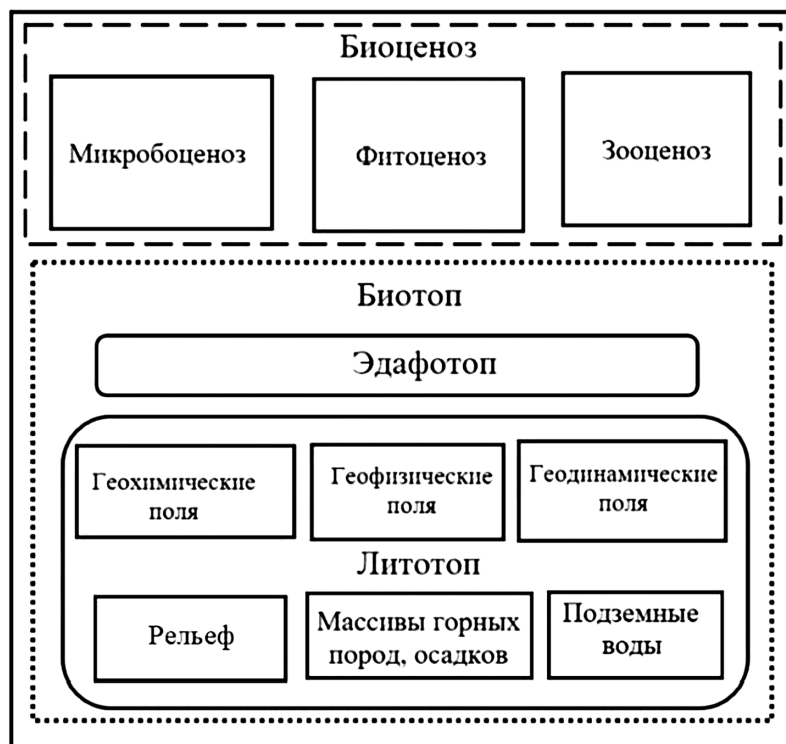


Рис. 2. Модель состава природной сухопутной (континентальной) эколого-геологической системы, по [Королев, 2020]

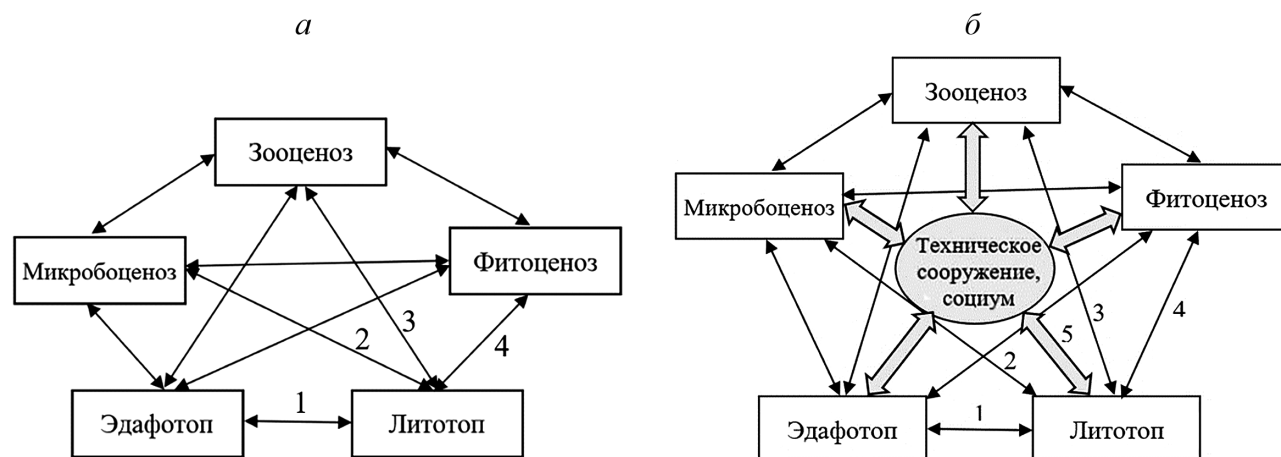


Рис. 3. Взаимосвязи литотопа (обозначены цифрами) с компонентами биоценоза в природной (а) и природно-техногенной (б) эколого-геологической системе

ценозом в пределах рассматриваемой ЭГС, причем прямые связи более сильные, а косвенные — более слабые, но их много.

Исходя из этого можно уверенно заявить, что литотоп влияет на все компоненты биоценоза как непосредственно, так и косвенным образом. Это дает основание к выявлению особенностей его влияния, проявляющихся в формировании специфических эдафотопов, микробоценозов, фитоценозов и зооценозов. Они в свою очередь могут быть положены в основу разработки общей классификации ЭГС, рассмотренной ниже.

Специфические взаимосвязи массива горных пород и компонентов биоценоза. На основе выше-рассмотренных положений попытаемся конкретизировать особенности взаимосвязей массивов горных пород с эдафотопом, микробоценозом, фитоценозом и зооценозом.

О влиянии почвенного субстрата — подстилающих их материнских горных пород, *на почвы* было известно давно из работ В.В. Докучаева [1899], Б.Б. Полынова, М.М. Филатова, Л.Г. Раменского [1971] и многих других почвоведов. Особенно отчетливо взаимосвязь между свойствами почв и характером материнской породы в природных ЭГС проявляется на ранних стадиях почвообразования. На этих стадиях первичная, примитивная почва в максимальной степени отражает свойства, присущие коренной породе. Однако и с возрастом почвы, по достижению ею зрелости, эта взаимосвязь не утрачивается полностью, она лишь становится менее отчетливой [Почвоведение, 1988]. Так, еще в 1941 г. Г. Йенни [Jenny, 1994] выделил *литокатены* — серии почв со свойствами, различающимися только за счет материнских горных пород. На массивах магматических и метаморфических пород формируются почвы, обусловленные выветриванием этих пород; на массивах карбонатных пород образуются карбонатные почвы, на песках — песчаные, на лёссовых и глинистых — пылеватые и

глинистые почвы и т. д. [Боронина, Королев, 2018; Классификация..., 2004].

Особые почвы формируются на антропогенно созданных или техногенно измененных массивах. Это различные техноземы, амбриоземы, конструктоземы и прочие поверхностные почвоподобные образования. Появившиеся в последнее время многочисленные публикации о почвоподобных образованиях на техногенно освоенных территориях, о скорости формирования почв на техногенных массивах (отвалах, хвостохранилищах, полигонах ТБО, насыпях и др.) и их особенностях позволяют выявлять взаимосвязь субстрата массивов и образующихся почв [Андроханов и др., 2004; Брагина, Герасимова, 2017; Козыбаева и др., 2010; Кондакова и др., 2020; Прокофьева и др., 2014; Fang Chen et al., 2016].

Сложнее взаимодействие массива горных пород и *микробоценоза*. Последний формируется как непосредственно в массиве пород, так и в эдафотопе — почвах на этом массиве. Приуроченность тех или иных микроорганизмов к определенным типам горных пород и почв объясняется рядом факторов, среди которых литотрофность стоит на первом месте. Известно много групп *микроорганизмов-литотрофов*, для которых питательной средой служит те или иные минералы горных пород. Наряду с этим фактором отмечена приуроченность микроорганизмов к определенным типам горных пород или почв, используемых ими как среда обитания, это так называемые *микроорганизмы-литофилы*. Одни из них — *аэробные* микроорганизмы, — обитают в зоне аэрации пород и почвах, другие — *анаэробные* — способны обитать ниже уровня грунтовых вод без доступа кислорода и проникать в массивах на большую глубину. Наконец, микробоценозы могут формироваться на месте образования породы или почвы. Это так называемые *автохтонные* микробоценозы, другие — *аллохтонные* — могут быть

Общая классификация континентальных эколого-геологических систем (ЭГС)

Абиогенные компоненты ЭГС				Биокосные и биогенные компоненты				Типы ЭГС
				биокосные компоненты ЭГС	биогенные компоненты ЭГС			
					эдафотоп (почвы)	микробоценоз	фитоценоз	
Природные немерзлые (талые)	Скальные массивы	магматических пород		горные (горно-луговые, луговые и др.)	петрофильный автохтонный	петрофиты	петрофилы	петрофильные магматических массивов
		метаморфических пород						
		осадочных специментированных пород	карбонатных	карбонатные	кальцефильный автохтонный	кальцефиты	кальцефилы	кальцефильные скальных массивов
			вулканогенно-осадочных	вулканические (охристые) и пеплово-вулканические	психрофильный, субтермальный и термальный автохтонный	пеплофиты	пеплофилы	вулканогенные скальных массивов
	Дисперсные массивы	крупнообломочных пород		коллювиальные	хазмофильный автохтонный	хазмофиты	хазмофилы	хазмофильные дисперсных массивов
		песчаных пород		песчаные	псаммофильный автохтонный	псаммофиты	псаммофилы	псаммофильные дисперсных массивов
		лёссовых пород		пылеватые	пелитофильный автохтонный	ксерофитные пелитофиты	сухолобивые пелитофилы	пелитофильные лёссовых массивов
		глинистых пород		глинистые		пелитофиты	пелитофилы	пелитофильные глинистых массивов
		торфяных пород		торфяные болотные (олиготрофные, мезотрофные, эвтрофные)	болотный автохтонный	гелофиты	болотные	болотные торфяных массивов
		засоленных пород		солонцы, солончаки	галофильный автохтонный	галофиты, солеросы	галофилы	солонцовые, солончаковые
	Природные мерзлые	песчаные синкриогенных массивов		песчаные	психропсаммофитный автохтонный	психропсаммофиты	психропсаммофилы	психропсаммофильные песчаных массивов
		глинистые синкриогенных массивов		глинистые	психропелитофильный автохтонный	психропелитофиты	психропелитофилы	психропелитофильные глинистых массивов
		дисперсные эпикриогенных массивов		дисперсные	психропелитофильный аллохтонный	психропелитофилы аллохтонные	психропелитофилы аллохтонные	психропелитофильные дисперсных массивов
скальные эпикриогенных массивов		горные	психропетрофильный аллохтонный	психропетрофиты	психропетрофилы	психропетрофильные скальных массивов		
массивы бугристых торфяных пород		торфяные	психрогелофильный автохтонный	психрогелофиты		психрогелофильные бугристо-торфяных массивов		
гигантские наледы		—	криогенный автохтонный	экстремофиты или отсутствуют	экстремалы или отсутствуют	наледные		

привнесёнными по тем или иным причинам, в том числе антропогенным [Мишустин, 1975].

Влияние массива горных пород на фитоценозы наиболее ярко проявляется в том, что для любого массива выявляется группа растений, предпочитающих в качестве материнского субстрата те или иные горные породы. Это так называемые *облигатные растения*, в отличие от *факультативных*, способных селиться на любых субстратах. Среди облигатных растений выделяются группы, специализирующиеся, например, на скальных породах (*петрофиты*), на крупнообломочных породах (*хазмофиты*), на песках

(*псаммофиты*), на карбонатных породах (*кальцефиты*), на глинистых грунтах (*пелитофиты*), на торфах (*гелофиты*), на засоленных породах (*галофиты, солеросы*) и т. д. О выделении некоторых таких групп растений писал еще в 1901 г. Е. Варминг [1901], а позже многие другие ученые [Абдыкадырова, Королев, 2019; Боронина, Королев, 2018; Королев, 2018, 2019а,б; Лобус, Королев, 2019; Работнов, 1995; Раменский, 1971; Третьякова, 2015; Трофимов, Королев, 2018а,б; Шенников, 1964; Шмаль, 2012].

Более сложно выделение прямой взаимосвязи между массивами горных пород и *зооценозами*.

Окончание таблицы

Абиогенные компоненты ЭГС			Биокосные и биогенные компоненты				Типы ЭГС
			биокосные компоненты ЭГС	биогенные компоненты ЭГС			
				эдафотоп (почвы)	микробоценоз	фитоценоз	
Антропогенные	Антропогенно преобразованные массивы	загрязненных пород	техноземы, урбоземы, технопочвы	аллохтонный, дигрессивный	трансформированные (угнетенные) фитоценозы	трансформированные (угнетенные) зооценозы	массивов загрязненных пород
		сельхозугодий	агроземы		агрофитоценоз специализированный	агрозооценоз специализированный	сельхозугодий
			природные почвы и урбоземы	автохтонный, дигрессивный	садово-парковые фитоценозы ООПЗ	садово-парковые зооценозы ООПЗ	рекреационных ООПЗ (ландшафтно-дизайнерская)
		селитебных зон	урбоземы	аллохтонный	трансформированные фитоценозы	трансформированные зооценозы	селитебных зон
		промышленных зон	техноземы, эмбриоземы	зимогенный, дигрессивный	трансформированные фитоценозы	трансформированные зооценозы	промышленных зон
	Антропогенно созданные массивы	намывных пород	техноземы, конструкторземы, эмбриоземы	аллохтонный	адвентивные фитоценозы	адвентивные зооценозы	массивов намывных пород
		полигонов ТБО	техноземы, урботехноземы, артефакты	аллохтонный зимогенный			массивов ТБО
		отвалов и хвостов	техноземы, конструкторземы, эмбриоземы, артефакты	аллохтонный, фототрофный			массивов отвалов и хвостов
		дорожных насыпей	техноземы, конструкторземы, артефакты	аллохтонный			массивов ж/д и а/м насыпей

Объясняется это прежде всего высокой мобильностью животных (в отличие от микроорганизмов и растений) и их большой «экологической эластичностью», позволяющей им обитать на разных массивах, приспосабливаясь к ним. Тем не менее и среди них выделяются животные (от беспозвоночных до млекопитающих), предпочитающие в качестве среды обитания или временного убежища определенные типы массивов горных пород. Так, среди них существуют животные петрофилы, псаммофилы, пелитофилы, кальцефилы и т. п. [Кафаров, 2005].

Своя специфика указанных взаимосвязей проявляется и при анализе массивов *многолетне-мерзлых пород*. Формирующиеся в них биоценозы *психрофильные*, устойчивые к периодическому воздействию низкой температуры. Но приуроченность микробоценозов, фито- и зооценозов к определенным типам массивов многолетнемерзлых пород проявляется и в этом случае.

Вышерассмотренные взаимосвязи природных массивов горных пород с компонентами биоценоза существенно усложняются в *антропогенных* и *техногенно измененных* ЭГС. Имеющиеся на этот счет к настоящему времени исследования показывают, что эта взаимосвязь существует и в данном случае, но проявляется иначе, чем в природных ЭГС [Арепьева, 2013; Бадерная, Харькина, 2009; Безуглова и др.,

2010; Гальперин и др., 1997; Замотаев и др., 2018; Нотов, 2006; Федорова и др., 2017].

Главные особенности взаимосвязей искусственных или техногенно измененных массивов с компонентами биоценоза обусловлены аллохтонным характером микробо-, фито- и зооценозов, их сниженным биоразнообразием и неустойчивым состоянием. Многие микроорганизмы, растения и животные искусственных или антропогенно измененных массивов являются *адвентивными*, т. е. их проникновение в конкретную ЭГС связано с деятельностью человека или произошло случайно [Рыльникова и др., 2020; Wang et al., 2018].

Таким образом, на основе отмеченных взаимосвязей может быть построена общая классификация ЭГС.

Общая классификация континентальных ЭГС. Для сухопутных (континентальных) однородных ЭГС (или моноЭГС [Королев, 2020]) их общая классификация может быть построена на основе двухрядной схемы: в вертикальных столбцах показаны биотические компоненты ЭГС, а в горизонтальных строках — типы массивов (литотопов), на которых они формируются. Вариант такой классификации представлен в таблице.

В ней выделены все основные массивы горных пород как литотопы, на которых формируются те или

инные биоценозы, образуя определенные типы ЭГС, которые приведены в правом столбце таблицы. Их названия отражают состав пород литотопа.

Классификация охватывает как природные континентальные ЭГС, так и ЭГС, формирующиеся в антропогенно измененных условиях на искусственно созданных массивах, а также на антропогенно преобразованных массивах горных пород, включая массивы загрязненных грунтов, сельскохозяйственных угодий, и других урбанизированных систем, как селитебных, так и промышленных.

Кроме того, среди природных массивов горных пород рассмотрены и массивы, расположенные в зоне многолетней мерзлоты, — массивы многолетнемерзлых пород, на которых формируются специфические биоценозы.

Дальнейшая конкретизация типов ЭГС может идти по пути усложнения приведенной классификации и ее более дробного деления.

Так, например, для абиотических компонентов можно подразделять указанные массивы по особенностям их геологического строения [Трофимова, Королев, 2018а,б; Лобус, Королев, 2019], тепло- и влагообеспеченности, включая гидрогеологические условия, по особенностям рельефа,

а также характеристикам геодинамических, геохимических и геофизических полей, входящих в данный литотоп.

Для биотических компонентов можно ввести подразделение эдафотопов по генетическим типам почв, подразделение фитоценозов по экологическим формам растений с выделением облигатных видов, для зооценозов — подразделение по биоразнообразию и иным особенностям. Однако, чтобы не перегружать предложенную классификацию, целесообразно в дальнейшем разрабатывать отдельные классификации для отдельных типов ЭГС или их групп, а также иерархических уровней.

Выводы. 1. Разработка систематики эколого-геологических систем — актуальная проблема современной экологической геологии.

2. Наличие объективной взаимосвязи между массивами горных пород и формирующимися на них, как на субстратах, биоценозах позволяет строить классификацию эколого-геологических систем на основе этой взаимосвязи.

3. Предложенная классификация однородных эколого-геологических систем двухрядная, что отражает взаимосвязь абиотических и биотических компонентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абдыкадырова С.Б., Королёв В.А. Кальцефиты в эколого-геологических системах Горного Крыма // V Междунар. науч.-практ. конференция «Актуальные вопросы наук о Земле в концепции устойчивого развития Беларуси и сопредельных государств», Гомель, 28–29 ноября 2019. Т. 2. Гомель: Гомельский гос. ун-т, 2019. С. 7–9.

Аболин Р.И. Опыт эпигенологической классификации болот // Болотоведение. 1914. № 3–4. С. 231–285.

Андроханов В.А., Куляпина Е.Д., Курачев В.М. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. 151 с.

Арепьева Л.А. Фитоценозы несанкционированных свалок на урбанизированных территориях Курской области // Уч. зап.: электр. науч. журнал Курского гос. ун-та. 2013. № 4 (28). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fitotsenozy-nesanktsionirovannyh-svalok-na-urbanizirovannyh-territoriyah-kurskoy-oblasti>

Бадерная О.В., Харькина М.А. Трансформация состава почв и состояния растительности в районе полигона твердых бытовых отходов Царево (Московская область) // Мат-лы 2-й Всеросс. науч.-практ. конф. «Эколого-геологические проблемы урбанизированных территорий», 26–27 ноября 2009 г., Екатеринбург. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. С. 81–82.

Базовые понятия инженерной геологии и экологической геологии: 280 основных терминов / Под ред. В.Т. Трофимова. М.: ОАО «Геомаркетинг», 2012. 320 с.

Безуглова О.С., Невидомская Д.Г., Морозов И.В. Почвы полигонов твердых бытовых отходов и их экология. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного фед. ун-та, 2010. 232 с.

Боронина Д.П., Королев В.А. Систематика континентальных литофитов // Геология в развивающемся мире. Т. 3. Пермь, ПГНИУ, 2018. С. 309–312.

Брагина П.С., Герасимова М.И. Техногенные поверхностные образования на отвалах и хвостохранилищах в Ке-

меровской области: опыт классификации // Бюлл. почвенного института имени В.В. Докучаева. 2017. № 89. С. 90–103.

Варминг Е. Введение в изучение растительных сообществ / Пер. с нем. М. Голенкина, В. Арнольди. М.: Типография И.А. Баладина, 1901. 542 с.

Гальперин А.М., Ферстер В., Шеф Х.Ю. Техногенные массивы и охрана окружающей среды. М.: Изд-во МГТУ, 1997. 534 с.

Докучаев В.В. К учению о зонах природы. Горизонтальные и вертикальные почвенные зоны. СПб., 1899.

Замотаев И.В., Иванов И.В., Михеев П.В., Белобров В.П. Оценка состояния почв и растительности в районах размещения свалок и полигонов твердых бытовых отходов (обзор) // Почвоведение. 2018. № 7. С. 907–924.

Кафаров А.И. Историко-методологические аспекты общей и морской биогеографии / Отв. ред. Б.В. Преображенский, И.А. Черешнев. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2005. 208 с.

Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

Козыбаева Ф.Е., Бейсеева Г.Б., Утугельбаев С. и др. Первичные процессы почвообразования в условиях естественного зарастания техногенно-нарушенных ландшафтов // Почвоведение и агрохимия. 2010. № 3. С. 13–25.

Кондакова Л.В., Дабах Е.В., Кислицына А.П. Формирование биоценоза на техногенных отходах // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 4. С. 129–135.

Королёв В.А. Многообразие флоры псаммофитов на территории России // Инженерно-геологическое и эколого-геологическое изучение песков и песчаных массивов: Тр. Междунар. науч. конф. 27–28 сентября 2018 г., МГУ, Москва, Россия / Под ред. В.Т. Трофимова, В.А. Королева. М.: ООО СамПринт, 2018. С. 223–228.

Королёв В.А. Экологическая роль глин и глинистых минералов // Инженерная геология. 2019. Т. 14, № 1. С. 60–71.

- Королёв В.А.* Систематика эколого-геологических систем // Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы: Сб. мат-лов VI Междунар. науч.-практич. конф. 15–18 сентября 2019: В 2-х ч. Т. 1 / Под ред. И.И. Косиновой. Воронеж: ВГУ, 2019. С. 38–43.
- Королёв В.А.* Экологическая геокибернетика: Теория управления эколого-геологическими системами. М.: ООО «Сам Полиграфист», 2020. 440 с.
- Куринов М.Б.* Эколого-геологическая система как важнейший объект исследований экологической геологии // Ежегодн. науч. конф. «Ломоносовские чтения». М.: МГУ имени М.В. Ломоносова, 1985. 25 с.
- Лобус И.А., Королёв В.А.* Эколого-геологические системы песчаных массивов и их особенности на территории Москвы // Тр. XX Междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы экологии и природопользования». Т. 2. М.: Изд-во РУДН, 2019. С. 276–279.
- Мишустин Е.Н.* Ассоциации почвенных микроорганизмов. М.: Наука, 1975. 105 с.
- Нотов А.А.* Роль свалок и полигонов твердых бытовых отходов в формировании адвентивной флоры Тверской области // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2006. Вып. 2. С. 101–116.
- Прокофьева Т.В., Герасимова М.И., Безуглова О.С.* и др. Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России // Почвоведение. 2014. № 10. С. 1–10.
- Почвоведение: Учеб. для ун-тов: В 2 ч. / Под ред. В.А. Ковды, Б.Г. Розанова. Ч. 1. Почва и почвообразование. М.: Высш. школа, 1988. 400 с.
- Работнов Т.А.* История фитоценологии: Уч. пособие. М.: Аргус, 1995. 158 с.
- Раменский Л.Г.* Избранные работы: проблемы и методы изучения растительного покрова. Л.: Наука, 1971. 233 с.
- Рыльникова М.В., Радченко Д.Н., Цупкина М.В., Сафонов В.А.* Исследование экологического воздействия Новотроицкого хвостохранилища на растительный покров и живые организмы // Изв. Тульского гос. ун-та. Сер. Науки о Земле. 2020. № 1. С. 108–120.
- Сукачев В.Н.* Идея развития в фитоценологии // Сов. ботаника. 1942. № 1–3. С. 5–17.
- Теория и методология экологической геологии / Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. 368 с.
- Третьякова Н.А.* Основы общей и прикладной экологии: Уч. пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. ун-та, 2015. 112 с.
- Трофимов В.Т.* Эколого-геологическая система — объект эколого-геологических исследований // Экологические проблемы недропользования. Наука и образование: Мат-лы 5-й Междунар. науч. конф. 19–24 ноября 2012 г. СПб., СПбГУ. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2012. С. 288–291.
- Трофимов В.Т.* Эколого-геологическая система // Российская геологическая энциклопедия: В 3-х т. Т. 3. М.: СПб.: ВСЕГЕИ, 2012. С. 452–453.
- Трофимов В.Т.* Эколого-геологическая система и новая структура экосистемы // Геология, география и глобальная энергия. 2010. № 1(36). С. 6–26.
- Трофимов В.Т.* Эколого-геологическая система, ее типы и положение в структуре экосистемы // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2009. № 2. С. 48–52.
- Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г.* Экологическая геология: Учебник. М.: Геоинформмарк, 2002. 415 с.
- Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г.* Экологическая геология в программе «Университеты России» // Геоэкология. 1994. № 3. С. 117–120.
- Трофимов В.Т., Королёв В.А.* Массивы песчаных грунтов как объекты эколого-геологических исследований // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2018. № 2. С. 59–65.
- Трофимов В.Т., Королёв В.А.* Эколого-геологические особенности массивов песчаных грунтов // Инженерно-геологическое и эколого-геологическое изучение песков и песчаных массивов: Тр. Междунар. науч. конф. 27–28 сентября 2018, МГУ, Москва, Россия / Под ред. В.Т. Трофимова, В.А. Королева. М.: ООО СамПринт, 2018. С. 233–244.
- Фёдорова Л.В., Купатадзе Г.А., Куранова Н.Г., Викторов В.П.* Классификация городских экотопов в связи с изучением синантропности (на примере города Орехово-Зуево) // Социально-экологические технологии. 2017. № 1. С. 52–64.
- Шенников А.П.* Введение в геоботанику: Учеб. для вузов. Л.: Изд-во ЛГУ, 1964. 445 с.
- Шмаль А.Г.* Основы общей экологии. Бронницы: Изд-во МУП «БНТВ», 2012. 341 с.
- Fang Chen, Qiang Yao, Jingyi Tian.* Review of ecological restoration technology for mine tailings in China // Engineering Rev. 2016. Vol. 36, Iss. 2. P. 115–121.
- Jenny H.* Factors of soil formation // A system of quantitative pedology. N. Y.: Dover Publ. Inc., 1994. 191 p.
- Wang J., Luo X., Zhang Y. et al.* Plant species diversity for vegetation restoration in manganese tailing wasteland // Environ. Sci. Pollut. Res. 2018. Vol. 25. P. 24101–24110.

Поступила в редакцию 30.05.2021

Поступила с доработки 30.06.2021

Принята к публикации 27.12.2021