

КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ БЕЛАРУСИ НА ОСНОВЕ УЧЕТА ОСОБЕННОСТЕЙ ЛИТОТОПОВ И ИНЖЕНЕРНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

А. Н. Галкин¹, В. А. Каралёв²

¹Витебский государственный университет имени П. М. Машерова
Московский просп., 33, 210038, Витебск, Беларусь
E-mail: galkin-alexandr@yandex.ru

²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Ленинские горы, 1, 119991, Москва, Россия
E-mail: va-korolev@bk.ru

В статье рассматриваются вопросы систематики эколого-геологических систем территории Беларуси на основе анализа взаимосвязи их абиотических (литотопа, эдафотоп, технических подсистем) и биотических (микробиоценоза, фитоценоза, зооценоза) компонентов и их особенностей. Предложена классификация литотопов территории Беларуси, рассматриваемых как литогенная основа для экосистем. Разработаны подходы и классификации как природных, так и техногенных (техноприродных, природно-техногенных и антропогенных) эколого-геологических систем Беларуси. Изложенные классификации могут служить основой для изучения и характеристики эколого-геологических систем Беларуси при решении различных экологических проблем, а также при инженерно-экологических исследованиях и изысканиях.

ВВЕДЕНИЕ

Эколого-геологическая система (ЭГС) является основным объектом исследований экологической геологии и представляет собой часть экосистемы как совокупность абиотических и биотических компонентов. При этом среди абиотических компонентов ведущая роль отводится литотопу – литогенной основе экосистемы, геологическому массиву (грунтовой толще), сложенному теми или иными грунтами, от геологических особенностей которого зависят формирующиеся на нем почвы (эдафотоп) и биотические компоненты, взаимосвязанные друг с другом.

Понятие об ЭГС появилось в 1985 г. и неоднократно обсуждалось в литературе [23; 27]. Оно близко понятию «биогеоценоз», введенному В. Н. Сукачевым [22], но не тождественно ему. В 2009 г. В. Т. Трофимов детально проанализировал понятие ЭГС и ее структуру [26]. В его публикациях, посвященных ЭГС (их свыше тридцати), полно раскрываются структура и содержание эколого-геологических системы. Под последней стали понимать открытую динамичную систему, включающую три подсистемных блока (литосферный, абиотический, биотический) и источник природных и техногенных воздействий, тесно связанных прямыми и обратными причинно-следственными связями, обуславливающими ее структурно-функциональное единство [1]. «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 влияни-

ем 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» [1, с. 207].

В рамках эколого-геологического направления исследований в настоящее время опубликованы работы по систематике эколого-геологических систем как сухопутных (континентальных), так и аквальных, как природных, так и техногенных применительно к территории России [15; 16]. Между тем для территории Беларуси подобных работ нет, как нет и публикаций, рассматривающих особенности ЭГС на этой территории. Поэтому цель настоящей статьи – восполнить данный пробел и обосновать систематику эколого-геологических систем Беларуси.

СИСТЕМАТИКА ЛИТОТОПОВ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ БЕЛАРУСИ

Классификация эколого-геологических систем должна базироваться на систематике их литотопов. Поэтому достижение указанной цели необходимо начать с рассмотрения систематики литотопов территории Беларуси.

В основу систематики природных литотопов Беларуси может быть положена классификация

грунтовых толщ Беларуси, разработанная А. Н. Галкиным [3], показанная на рисунке 1. Она базируется на теоретических представлениях о признаках выделения и систематике грунтовых толщ [25], а также анализе инженерно-геологических условий Беларуси [4; 5; 6; 13].

По выделенным типам грунтовых толщ можно составить классификацию природных литотопов Беларуси, которая представлена в таблице 1.

Анализ этой классификации свидетельствует о том, что на большей части территории Белору-

си (99 % всей площади) развиты грунтовые толщи, сложенные дисперсными грунтами, представленные семью типами. Причем среди них наибольшее развитие получили монопорodные толщи, сложенные глинистыми или песчаными грунтами. Выходы на поверхность массивов скальных грунтов или скальных массивов, перекрытых маломощным чехлом дисперсных грунтов, имеют ограниченное распространение.

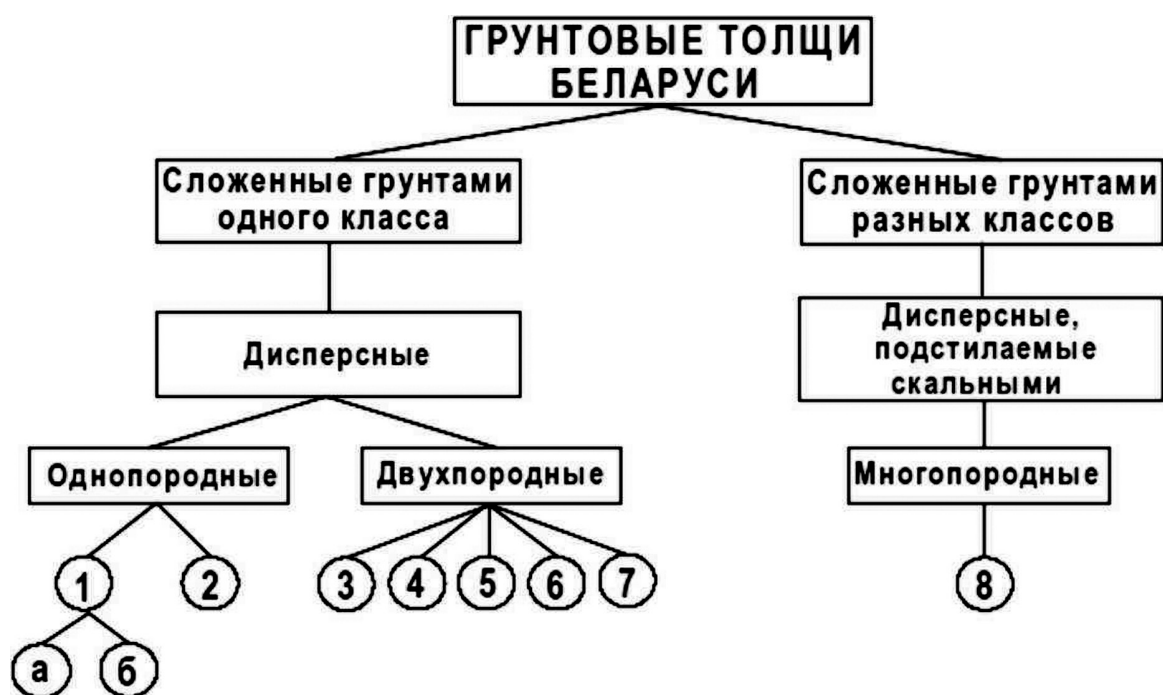


Рисунок 1 – Классификация грунтовых толщ Беларуси [3]:

- 1 – глинистые: а) без включений крупнообломочного материала, б) с включениями крупнообломочного материала;
 2 – песчаные; 3 – из песчаных грунтов, подстилаемых глинистыми; 4) из лёссовых грунтов, подстилаемых преимущественно глинистыми; 5) из лёссовых грунтов, подстилаемых преимущественно песчаными;
 6) из торфяных грунтов, подстилаемых преимущественно песчаными; 7) из торфяных грунтов, подстилаемых преимущественно глинистыми; 8) преимущественно из песчаных грунтов, подстилаемых скальными

Таблица 1 – Классификация литотопов природных эколого-геологических систем Беларуси

Класс литотопа	Группа литотопа	Тип литотопа	Подтип литотопа
Дисперсные	Монопорodные	Глинистые	Суглинистые, супесчаные валунные
			Глинистые и суглинистые
		Песчаные	Аллювиальные, озерные, водно-ледниковые
			Эоловые перевеянные
	Двухпорodные	Песчаные, подстилаемые глинистыми	
		Лёссовые	Лёссовые, подстилаемые глинистыми
			Лёссовые, подстилаемые песчаными
		Торфяные	Торфяные, подстилаемые песчаными
			Торфяные, подстилаемые глинистыми
Дисперсные и скальные	Многорodные	Песчаные, подстилаемые скальными и скальные	

Характеризуя монопородные литотопы территории страны следует отметить, что среди них широкое распространение получили массивы, сложенные различными по возрасту и генезису глинистыми грунтами. На севере страны – в Белорусском Поозерье – эти массивы выполнены верхнеплейстоценовыми поозерскими валунными моренными (gQ_3pz) суглинками и супесями, которыми часто сформированы пологоволнистые равнины, и лимногляциальными (lgQ_3pz) безвалунными ленточными глинами и суглинками, слагающими плоские низменные равнины. В центральной части республики они сложены среднеплейстоценовыми сожскими моренными (gQ_2sz) суглинками, супесями, реже глинами, с обильным включением гравийно-галечно-валунного материала, часто перекрытые покровными суглинками. В геоморфологическом отношении эти массивы слагают моренные равнины центральной Беларуси. На юге страны, в пределах Белорусского Полесья, данный тип литотопа распространен весьма незначительно и представлен среднеплейстоценовыми днепровскими моренными (gQ_2dn) валунно-галечными супесями и суглинками. Массивы глинистых грунтов sporadически обводнены – к ним приурочены грунтовые и напорные воды. Уровни воды устанавливаются на глубинах от одного до десятков метров.

Широким распространением пользуются песчаные литотопы. На значительной территории (преимущественно юг Беларуси) данный тип целиком сложен аллювиальными (а) и озерно-аллювиальными (la) грунтами, которые на отдельных участках перекрыты эоловыми (v) песками. В то же время в ряде районов страны песчаные массивы образованы отложениями другого генезиса: флювио- (fQ_3pz) и лимногляциальными (lgQ_3pz) – на севере и северо-востоке республики в пределах Полоцкой, Сурожской и Лучосской низин, и флювиогляциальными (fQ_2dn-sz) – на юго-западе, юго-востоке и в центральной части Беларуси. Пески большей частью разнотернистые; грунтовые воды, заключенные в них, залегают на глубинах 0,5–5 м, часто менее 2 м.

Среди дисперсных двухпорodных литотопов на территории республики значительное распространение получили массивы песчаных грунтов, подстилаемых глинистыми. Верхняя, песчаная их часть представлена в одних районах поозерскими лимно- (lgQ_3pz) и флювиогляциальными (fQ_3pz) образованиями (в Белорусском Поозерье), в других (центральная часть Беларуси) – сожским (Q_2sz) и днепровским (Q_2dn) флювиогляциалом (f). Нижняя же их часть сложена в основном разновозрастными моренными (g) грунтами, а на севере страны – часто поозерскими озерно-ледниковыми (lgQ_3pz) ленточными глинами. Пески преимуще-

ственно разнотернистые, уровни грунтовых вод в них устанавливаются на глубинах 0,5–5 м.

Сравнительно небольшое распространение (до 15 % территории) среди дисперсных двухпорodных литотопов имеют массивы, сложенные в верхней части лёссовыми образованиями (LQ_{3-4}). Эти грунты представлены большей частью лёссовидной разностью и лишь на юге страны близки к типичным лёссам. Подстилаются они различными по строению и составу моренными, водно-ледниковыми, озерными, аллювиальными и другими генетическими типами четвертичных отложений. Массивы лёссовых грунтов обычно безводны. Грунтовые воды содержатся в подстилающих песчаных отложениях разного генезиса и залегают преимущественно на глубинах 3–5 м. В местах распространения подстилающих моренных грунтов подземные воды встречаются sporadически и устанавливаются на глубинах, иногда превышающих 10 м.

Несколько меньшим развитием по сравнению с массивами лёссовых грунтов пользуются литотопы с торфяной верхней частью. Мощность торфа в их разрезе изменяется от 0,5 до 9 м и более; в среднем по республике она составляет 1,9 м. Наиболее распространенными являются массивы из торфяных грунтов, подстилаемых преимущественно песчаными. В этом подтипе литотопа торф залегает большей частью на грунтах аллювиального и озерно-аллювиального комплексов. Широкое развитие он получил на юге страны – в пределах Белорусского Полесья. Севернее данный подтип развит несколько слабее, подстилающими грунтами здесь в основном являются сожские и поозерские водно-ледниковые пески. Массивы торфяных грунтов, подстилаемых преимущественно глинистыми, встречаются в основном в северной и центральной частях Беларуси. В основании массива здесь залегают поозерские лимногляциальные глины, моренные суглинки и супеси. Грунтовые воды в обоих подтипах литотопов торфяных массивов часто устанавливаются на глубинах менее 1 м, на осушенных торфяниках – до 3 м.

Литотопы массивов из дисперсных грунтов, подстилаемых скальными, или скальных, как уже отмечалось, имеют довольно ограниченное распространение. Среди этой группы выделяются массивы, сложенные в верхней части разреза преимущественно песчаными грунтами. Они располагаются небольшими участками на северо-востоке республики в долине р. Западная Двина в Белорусском Поозерье, на востоке страны в долине Сожа и в крайней южной части Белорусского Полесья на северных отрогах Украинского щита. Грунтовые воды в пределах данной группы литотопов часто залегают на глубинах менее 3 м.

СИСТЕМАТИКА ПРИРОДНЫХ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ БЕЛАРУСИ

С учетом вышерассмотренной классификации литотопов ЭГС Беларуси можно предложить систематику природных континентальных ЭГС, развитых на этой территории (табл. 2). При этом возникает важный вопрос об учете для двухпородных массивов нижней грунтовой толщи, подстилающей верхнюю. В какой степени подстилающая грунтовая толща может оказывать влияние на биоценоз, формирующийся на поверхности перекрывающей ее верхней грунтовой толщи? Очевидно, что если мощность верхней грунтовой толщи значительна, то такое влияние вряд ли возможно. Как нам представляется, отражать в названии ЭГС и их компонентов подстилающие грунтовые толщи все же необходимо, поскольку видовой состав биоценоза, например, в пределах тех же торфяных массивов разных подтипов, будет отличаться. Особенно это необходимо для двухпородных массивов с незначительной мощностью верхней грунтовой толщи.

Пелитофильные эколого-геологические системы получили широкое распространение на территории Беларуси, часто приурочены к водораздельным участкам. Их *литотоп* сформировался под

влиянием аккумулятивной деятельности плейстоценовых (днепровского, сожского и поозерского) ледников и их водных потоков и представлен моренными и водно-ледниковыми супесями, суглинками и глинами. *Эдафотопы* данных ЭГС имеют свои особенности. Хорошая дренированность поверхности рельефа пелитофильных ЭГС обусловила широкое развитие в их составе автоморфных почв, преимущественно дерново-подзолистых супесчаного и суглинистого состава. В нижних частях склонов, где наблюдается постоянный боковой приток влаги и поверхностное (склоновое) переувлажнение, возможно развитие дерновых заболоченных почв [10; 17]. *Микробоценозы* данных ЭГС представлены низшими грибами, бактериями и актиномицетами [10]. *Фитоценозы* этих ЭГС представлены участками суходольных луговых низкорослых травостоев из мелких злаков (душистоколосковых, тонкополевицевых, трясунковых, белоусовых сообществ) и разнотравья, широколиственно-еловых, широколиственных и сосновых, реже еловых и дубовых лесов. *Зооценозы* пелитофильных ЭГС представлены различными беспозвоночными: червеобразными, насекомыми; и позвоночными: рептилиями и амфибиями; птицами; млекопитающими, среди которых отмечены насекомоядные, грызуны, копытные, хищники [28].

Таблица 2 – Классификация природных континентальных эколого-геологических систем Беларуси

Абиогенные компоненты ЭГС Биокосные компо-ненты ЭГС		Биокосные и биогенные компоненты				Типы ЭГС
		Биогенные компоненты ЭГС				
Тип литотопа	Подтип литотопа	Эдафотоп (почвы)	Микробоценоз	Фитоценоз	Зооценоз	
Глинистых грунтов		Глинистый	Пелитофильный авто-хтонный	Пелитофитный	Пелитофильный	Пелитофильные
Песчаных грунтов		Песчаный	Псаммофильный автохтонный	Псаммофитный	Псаммофильный	Псаммофильные
Песчаных грунтов, подстилаемых глинистыми		Глинисто-песчаный	Пелито-псаммофиль-ный автохтонный	Пелито-псаммо-фитный	Пелито-псаммо-фильный	Пелито-псаммо-фильные
Лёссовых грунтов	Лёссовых, подстилаемых глинистыми	Пылеватый	Пелитофильный авто-хтонный	Пелитофитный	Пелитофильный	Глинисто-лёссовых массивов
	Лёссовых, подстилаемых песчаными	Песчано-пылеватый	Песчано-пелитофиль-ный автохтонный	Песчано-пелитофитный	Песчано-пели-тофильный	Песчано-лёссовых массивов
Торфяных грунтов	Торфяных, подстилаемых песчаными	Песчано-торфяной	Торфяно-болотный автохтонный	Гелофитный	Болотный	Песчано-тор-фяных массивов
	Торфяных, подстилаемых глинистыми	Глинисто-торфяной	Глинисто-торфяно-болотный автохтонный	Гелофитный	Болотный	Глинисто-тор-фяных массивов
Песчаные, подстилаемые скальными и скальные	Песчаных, подстилаемых скальными	Песчаный	Псаммо-петрофиль-ный	Псаммо-пет-рофитный	Псаммо-петро-фильный	Псаммо-петрофильные
	Скальных	–	Петрофильный	Петрофитный	Петрофильный	Петрофильные

Псаммофильные эколого-геологические системы в основном характерны для юга страны (Белорусского Полесья) и долин крупных рек (Днепр, Припять, Сож, Березина). Отдельные площади их распространения встречаются также в пределах Белорусского Поозерья. Образование этих ЭГС связано с деятельностью рек, озер, водно-ледниковых потоков и водоемов, аккумуляровавших песок, который на отдельных участках был подвергнут переработке ветром. Для их *литотона* часто характерна волнистая поверхность с относительными превышениями до 10 м [17]. Среди *эдафотопов* этих ЭГС преобладают дерново-подзолистые почвы, которые в условиях близкого залегания грунтовых вод в нижней части почвенного профиля приобретают глееватость. *Микробоценозы* данных ЭГС состоят из псаммофильных микроорганизмов, адаптированных к существованию в песчаных массивах [10]. Естественные *фитоценозы* представлены участками луговой растительности из злаковых, бобовых, осоковых сообществ и разнотравья, сосновых, широколиственно-сосновых и мелколиственных лесов, в редких случаях дубрав с характерными для них видами подлеска (можжевельник, крушина ломкая, жимолость, ракитник и др.) кустарничково-моховых растений (черника, вереск обыкновенный, тимьян обыкновенный, кислица, дубравное широколистное, зеленые мхи и др.). *Зооценозы* данных ЭГС представлены псаммофильными беспозвоночными и позвоночными животными [28].

Пелито-псаммофильные ЭГС также относятся к числу доминантных на территории Беларуси. Их *литотоп* сформировался либо в зонах существования крупных приледниковых озер периода последнего поозерского оледенения и их последующей трансформации, либо в зонах, где происходило накопления песчаных и песчано-гравийно-галечных отложений текучих ледниковых вод в условиях, когда первичный рельеф основной морены перекрывался толщей песчаных осадков водных потоков деградирующего ледника. Почвы в составе *эдафотопов* преимущественно дерново-подзолистые супесчано-песчаные заболоченные, реже встречаются дерновые заболоченные. *Микробоценозы* состоят из сообществ псаммофильных микроорганизмов, адаптированных к существованию на песчаных заболоченных массивах грунтов [10]. *Фитоценозы* представлены участками со схожей с псаммофильными ЭГС луговой растительностью; среди лесов преобладают сосновые насаждения, которые чередуются с участками широколиственно-сосновых и мелколиственных со свойственными им видами подлеска, кустарничково-моховых растений [28]. Их *зооценозы* во многом схожи с предыдущими.

Эколого-геологические системы глинисто-лессовых массивов широкое развитие получили на Новогрудской, Минской, Оршанской возвышен-

ностях, Копыльской и Мозырской грядах, Оршанско-Могилевской равнине, приурочены они к высоким эродированным водоразделам, где почти сплошной лёссовый покров, сформировавшийся в позднеледниковое время, сгладил первичную поверхность ледниковой аккумуляции – разновозрастных моренных суглинков и супесей. Здесь на глинисто-лессовых массивах сформировались *эдафотопы* из дерново-палево-подзолистых суглинистых почв, местами дерново-карбонатных выщелоченных, отличающихся высоким плодородием [10; 17], что в конечном итоге предопределило интенсивное их освоение и, как следствие, слабое развитие естественных *эдафотопов*. *Микробоценозы* данных ЭГС характеризуются преобладанием аэробных микробных сообществ [10]. *Фитоценозы* на этих территориях, занятых рассматриваемыми ЭГС, отличаются низкой лесистостью. Леса представлены преимущественно широколиственно-еловыми фитоценозами. В *зооценозах* данных ЭГС среди беспозвоночных многочисленны различные насекомые, устраивающие в лёссах свои гнезда, а среди позвоночных – роющие животные [28].

Эколого-геологические системы песчано-лессовых массивов развиты практически на тех же территориях, что и глинисто-лессовых грунтовых толщ (Минская возвышенность, Копыльская гряда). Однако встречаются они реже и занимают небольшие участки. Формирование их *литотона*, как и глинистого аналога, связано с аккумулятивной деятельностью днепровского и сожского ледников и их талых вод. *Эдафотопы* представлены дерново-палево-подзолистыми легкосуглинистыми и супесчаными почвами [17]. Естественные *биоценозы* с небольшими отличиями в видовом составе, преимущественно в частоте встречаемости, практически идентичны биоценозам ЭГС глинисто-лессовых массивов.

Эколого-геологические системы песчано-торфяных массивов распространены достаточно широко, занимают значительные территории на юге – в Полесской низменности и центральной (Верхне- и Центральноберезинская равнины) части Беларуси, меньше их в районах Белорусского Поозерья (Полоцкая низина), приурочены к понижениям речных террас и водоразделов в пределах водно-ледниковых низин и равнин с близким залеганием грунтовых вод (старицам, озерным котловинам). *Эдафотопы* представлены торфяно-болотными почвами, большей частью эвтрофными, в меньшей степени мезотрофными, имеющими нейтральную или слабнокислую реакцию, содержащими большое количество азота, высокозольные, с низкой влагоемкостью. *Микробоценозы* довольно обильны и разнообразны: здесь представлены комплексы микроорганизмов (бактерий, актиномицетов, грибов), которые по

таксономической структуре и соотношению эколого-трофических групп резко отличаются от микробиологических комплексов других ЭГС [24]. *Фитоценозы* представлены коренными черноольховыми и пушистоберезовыми с гипново-осоковыми растительными сообществами. *Зооценоз* данного типа ЭГС весьма специфичен: здесь обитает множество различных насекомых, земноводных, пресмыкающихся, птиц, отдельных видов млекопитающих, ведущих часто полуводный образ жизни. Помимо постоянных представителей животного мира появляются изредка посещающие его виды парнокопытных и хищников: лоси, волки, еноты, норки и др. [28].

Эколого-геологические системы глинисто-торфяных массивов в отличие от предыдущих встречаются реже, в основном в северных и центральных районах страны – на Полоцкой низине, Пуховичской и Центральноторфяной равнинах. Их *литотоп* часто представлен сожскими и поозёрскими моренными и водно-ледниковыми глинистыми грунтами, перекрытыми торфом различной мощности. Особенность данных ЭГС – специфический микрорельеф с понижениями и нерегулярными повышениями в виде гряд и кочек. *Эдафотоп* представлен почвами торфяно-болотными, олиготрофными, их экологическое и природоохранное значение намного превышает их оценку с точки зрения возможностей сельскохозяйственного использования (они обладают низкой зольностью, малой плотностью сложения, высокой влагоемкостью, имеют чрезвычайно кислую реакцию среды, обеднены кальцием и питательными элементами, весьма слабо насыщены основаниями) [10]. Численность и видовое разнообразие микроорганизмов большинства физиологических групп в составе микробоценозов данных ЭГС значительно ниже по сравнению с эколого-геологическими системами песчано-торфяных массивов [24]. *Фитоценозы* рассматриваемых ЭГС характеризуются господством сфагновых мхов (*Sphagnum* sp.), вересковых кустарничков. Древесные породы (в основном сосна – *Pinus sylvestris*) произрастают либо в угнетенном состоянии, либо образуют особые болотные экологические формы, создающие благоприятные условия жизни животных и обуславливающие их большое разнообразие. Зооценоз состоит из болотных насекомых, земноводных, пресмыкающихся, птиц, а также некоторых видов млекопитающих (например, представителей отрядов насекомоядных, парнокопытных и хищников) [28].

Псаммо-петрофильные эколого-геологические системы распространены довольно ограниченно, располагаясь небольшими участками в Белорусском Поозерье – в долине р. Западная Двина (г. п. Руба Витебского района), на востоке республики – в долине Сожа (городов Климовичи, Костюковичи

Могилевской области), и на юге страны – в Белорусском Полесье – в пределах Микашевичско-Житковичского выступа (г. Микашевичи Лунинецкого района Брестской области) и северных отрогов Украинского кристаллического щита (Лельчицкий район Гомельской области). Их *литотопы*, как уже отмечалось ранее, представлены в нижней части либо карбонатными скальными (доломиты) и полускальными (мела) грунтами на северо-востоке и востоке страны, либо магматическими и метаморфическими скальными грунтами (граниты, гранодиориты, мигматиты и др.) на юге, перекрытыми преимущественно песчаными толщами различного генезиса (аллювиальными, озерными, водно-ледниковыми и др.). *Эдафотопы* данных ЭГС развиты спорадически, местами отсутствуют и представлены в основном песчаными дерново-подзолистыми почвами, местами, где получили распространение карбонатные породы, дерново-карбонатными или дерновыми, которые в условиях близкого залегания грунтовых вод в нижней части почвенного разреза нередко приобретают глееватость [10]. Естественные биоценозы представлены редкой луговой растительностью из злаковых, бобовых, осоковых сообществ и разнотравья, участками широколиственно-хвойных и мелколиственных лесов, иногда дубрав, с характерными для них видами подлеска, кустарничково-моховых растений, животного мира и микроорганизмов.

Петрофильные эколого-геологические системы развиты на территории Беларуси крайне ограниченно – на крайнем юге (д. Глушковичи Лельчицкого района) и в масштабах страны занимают весьма незначительную площадь. Тем не менее они представляют собой специфические ЭГС, резко отличающиеся по своим характеристикам от выше рассмотренных.

СИСТЕМАТИКА ТЕХНОГЕННО ИЗМЕНЕННЫХ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ БЕЛАРУСИ

На техногенно освоенных территориях происходит трансформация природных ЭГС в техноприродные или природно-техногенные. У первых природные компоненты изменены человеком в результате хозяйственной деятельности менее чем на 50 %, у вторых – более чем на 50 %. В обоих случаях в таких ЭГС сохраняются в той или иной степени природные компоненты или их реликты.

Классификация техноприродных и природно-техногенных эколого-геологических систем Беларуси может основываться на систематике литотехнических систем Беларуси, разработанной А. Н. Галкиным [7; 8]. Вариант такой классификации представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Классификация техноприродных и природно-техногенных эколого-геологических систем Беларуси

Класс ЭГС	Типы ЭГС
Биолитотехнические ЭГС на п-м литотопе*	Сельскохозяйственные
	Лесохозяйственные
	Сельско-лесохозяйственные
Социолитотехнические ЭГС на п-м литотопе*	Рекреационные

*Примечание: литотопы выделяются в соответствии с табл. 2.

Сельскохозяйственные эколого-геологические системы – весьма распространенный тип техноприродных и природно-техногенных эколого-геологических систем Беларуси, отличается широким многообразием, обусловленным в первую очередь неоднородностью состава техногенной составляющей, в которой по признаку прямого или опосредованного воздействия на природную подсистему ЭГС можно выделить собственно технические (животноводческие фермы, комплексы; механизированные хозяйства обслуживания аграрной техники – машинно-тракторные станции, мастерские и др.; кормохранилища; склады для хранения минеральных удобрений, ядохимикатов; выгребные ямы; навозохранилища и др.) и квазитехнические¹ (луга для выпаса скота и заготовки кормов; садовые участки с искусственными насаждениями и др.) объекты или системы. Последнее позволяет выделить сельскохозяйственные ЭГС нескольких видов: **животноводческие, складские, лугово-пастбищные, культурно-сенокосные, садовые** [7; 8].

Создание и функционирование данного типа ЭГС нередко приводит к существенному изменению их природных компонент. В местах расположения сельскохозяйственных ЭГС часто происходит загрязнение лито- и эдафотопов. Причем происходит оно практически на всех территориях размещения животноводческих ферм и комплексов, складов для хранения минеральных удобрений и ядохимикатов, навозохранилищ, на полях орошения животноводческими стоками и т. д.

При введении орошения изменяется тип водного режима: от обычно непромывного к промывному. Неумеренный выпас скота на пастбищных землях способствует появлению и развитию эрозионных процессов и, как следствие, падению продуктивности самих пастбищ. При этом надо заметить, что скот на пастбищах занимает определенную экологическую нишу в природном биогеоценозе, частично или полностью вытеснив из нее не без помощи человека многих представителей животного мира.

¹ Квазитехническая система в структуре ЭГС – это система, выполняющая функцию связующего звена во взаимодействии технического устройства с геологической средой и морфологически выраженная в виде антропогенных ландшафтов или антропоизированных экосистем.

Лесохозяйственные эколого-геологические системы в региональном плане занимают значительные площади [19]. Их техногенная составляющая представлена комплексом хозяйств, обеспечивающих выращивание и заготовку леса. Сюда входят различная техника для проведения лесоустроительных и лесозаготовительных работ (собственно технические объекты), а также лесные массивы, вырубki, гари, прогалины, площади, занятые несомкнувшимися лесными культурами и др. (квазитехнические объекты). Их литотопы слагают толщи песчано-глинистых грунтов различного генезиса: моренных, водно-ледниковых, озерных, аллювиальных (за исключением болотных и эоловых), которые в ландшафтном отношении приурочены, в основном, к вторично водно-ледниковым, аллювиально-террасированным, озерно-ледниковым и камово-моренно-эрозионным природно-территориальным комплексам [17]. Здесь произрастают преимущественно коренные насаждения, типичные формации лесной зоны: широколиственно-еловые – на севере, грабово-дубово-темнохвойные – в центральной части страны и широколиственно-сосновые (полесские) – на юге, со свойственными им фито- и зооценозами и микроорганизмами. В составе всех лесов преобладают сосновые – более 50 % лесопокрытой площади. Леса интенсивно вырубались – среднегодовые заготовки древесины в Беларуси составляют 11–12 млн м³ в год [14]. Это приводит не только к истощению запасов древесины и заращанию площадей низкокачественными лесными породами, но и к активизации природных геологических и инженерно-геологических процессов. Так, например, сопоставление карты динамики лесов северо-запада Беларуси за период с 1800 по 1990 г. с картой современной экзогеодинамики этого же региона показало, что на площадях, измененных вырубкой леса, в настоящее время активно протекают плоскостная и линейная эрозии, гравитационные и болотообразовательные процессы. В то время как на территориях, занятых коренными лесными

массивами или измененных лесопосадкой, указанные процессы характеризуются весьма слабой активностью или вовсе не проявляют себя [6].

Сельско-лесохозяйственные эколого-геологические системы являются довольно распространенным типом техноприродных ЭГС. Формируются они в зоне смешанных лесов, приурочены к центральному, восточному и южному районам страны [19]. Данный тип ЭГС рассматривается нами как переходный тип, включающий в себя признаки как сельскохозяйственных, так и лесохозяйственных эколого-геологических систем. Их отличительной особенностью является совместное присутствие в структуре технической составляющей ЭГС лугов для выпаса скота и заготовки кормов и лесных угодий в разных их сочетаниях [7; 8]. Абиотическая составляющая этих ЭГС (литотоп) представлена, как и у лесохозяйственных или сельскохозяйственных систем, массивами песчано-глинистых грунтов различного генезиса, в том числе и с маломощными торфяниками в верхней части разреза. В пределах сельско-лесохозяйственных ЭГС наблюдаются, в основном, слабые изменения составляющих их абиотических и биотических компонент. Здесь в наименьшей степени выражены эрозионные процессы.

Рекреационные эколого-геологические системы в региональном плане занимают более 11 % территории страны [19]. Как и другие техноприродные и природно-техногенные, ЭГС отличаются большим разнообразием составляющих их технических объектов, среди которых по признаку прямого или опосредованного воздействия на природную подсистему ЭГС можно выделить собственно технические – туристические базы, дома отдыха, санатории с присущей им инфраструктурой, археологические и другие памятники, братские могилы, мемориальные комплексы, кладбища, и квазитехнические объекты (или системы) – заповедники, лесопарки, заказники и др. [7; 8]. Природный компонент этих видов ЭГС также весьма многообразен и представлен массивами грунтов разного состава (псаммитовых, пелитовых, торфяных и др.) и генезиса, служащих либо основанием сооружений, либо субстратом квазитехнических систем, различными типами почв и биоценозов. Многообразие объектов технической составляющей рекреационных эколого-геологических систем позволяет выделить несколько их видов: **культурно-заповедная, оздоровительная, заповедно-лесопарковая и культурно-мемориальная ЭГС** [7]. Эти виды ЭГС отличаются друг от друга не только своим социально-хозяйственным назначением,

но и уровнем воздействия на природную подсистему при их функционировании. Основными загрязнителями лито- и эдафотопов здесь выступают высокомолекулярные органические вещества (белки), соединения азота, фосфаты, сероводород, микроорганизмы, среди которых преобладают сапрофиты. Глубина распространения загрязняющих веществ, в том числе микроорганизмов, может составлять 50–70 м и более в зависимости от периода функционирования захоронения [12]. Это создает не только экологические, но и инженерно-геологические проблемы, поскольку загрязнение грунтовых массивов органическими соединениями и микроорганизмами существенно снижает их деформационно-прочностные и фильтрационные свойства и резко повышает коррозионную активность грунтов [21].

СИСТЕМАТИКА АНТРОПОГЕННО СОЗДАНЫХ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ БЕЛАРУСИ

Главным отличием антропогенно созданных, или искусственных, эколого-геологических систем является преобладание в них искусственных компонентов, как абиотических, так и биотических. Если техноприродные и природно-техногенные ЭГС, рассмотренные выше, формируются на природных литотопах, измененных в той или иной мере человеком, то антропогенные ЭГС формируются на искусственных литотопах. Поэтому в основу их систематики должна быть положена классификация искусственных литотопов, образующихся в процессе инженерно-хозяйственной деятельности человека. Пример такой классификации представлен в таблице 4.

В этой классификации выделяется девять видов искусственных литотопов ($n = 1 \dots 9$, где n – вид (номер) литотопа), которые могут служить литогенной основой для искусственных ЭГС. Наряду с этим классификация искусственных (антропогенных) эколого-геологических систем Беларуси также может основываться на систематике литотехнических систем страны, разработанной А. Н. Галкиным [8]. Вариант такой классификации представлен в таблице 5. В ней выделяемые типы ЭГС того или иного класса формируются на определенных литотопах, выделяемых в таблице 4. Например, ЭГС горнопромышленного класса могут формироваться на литотопах намывных ($n = 1, 2$) или насыпных ($n = 4, 5$) грунтов соответствующих видов; ЭГС агрономического класса могут формироваться на литотопах дисперсных грунтов теплиц ($n = 8$) или земледельческих ($n = 9$) и т. д.

Таблица 4 – Систематика антропогенно созданных эколого-геологических систем элементарного уровня по литотопам (по [15])

Класс литотопа	Тип литотопа	Вид литотопа	Преобладающие грунты	Техногенное воздействие	Тип ЭГС
Антропогенно созданный	Намывных грунтов	1. Дисперсный намывных массивов	Песчаные	Химическое, физико-химическое, биохимическое	Массивов дисперсных намывных грунтов
		2. Дисперсный хвостохранилищ и шламонакопителей	Песчаные, пылеватые, глинистые	То же	Массивов хвостохранилищ
	Насыпных грунтов	3. Дисперсный полигонов ТБО	От крупнообломочных до глинистых	То же	Массивов ТБО
		4. Дисперсный отвалов вскрышных и переотложенных грунтов	От крупнообломочных до глинистых	Механическое, химическое, физико-химическое, биохимическое	Массивов отвалов вскрышных или переотложенных грунтов
		5. Дисперсный золо- и шлакоотвалов	От песчаных до глинистых	То же	Массивов золо- и шлакоотвалов
		6. Дисперсный насыпных дамб (массивов)	От крупнообломочных до глинистых	То же	Насыпных дамб (массивов)
		7. Дисперсный дорожных насыпей	От крупнообломочных до песчаных	То же	Дорожных насыпей
		8. Дисперсный теплиц	Техноземы	То же	Теплиц
		9. Дисперсный земельный	Техноземы	То же	Земледельческих массивов

Таблица 5 – Классификация антропогенно созданных эколого-геологических систем Беларуси

Класс ЭГС	Типы ЭГС
Горнопромышленные на п-м литотопе*	Шахтно-отвальные
	Карьерно-отвальные
	Нефтегазопромышленные
	Торфянопромышленные
Промышленные на п-м литотопе*	Производственные
	Складские
Оборонно-промышленные на п-м литотопе*	Военно-производственные
	Военно-складские
	Военно-дорожные
	Военно-аэродромные
Селитебные на п-м литотопе*	Жилые
	Общественные
	Жилищно-коммунальные
Транспортно-коммуникационные на п-м литотопе*	Дорожные
	Аэродромные
	Промышленно-продуктопроводные
Агрономические на п-м литотопе*	Тепличные
	Земледельческие

*Примечание: литотопы (п = 1...9) выделяются в соответствии с табл. 4.

В классе горнопромышленные эколого-геологические системы **шахтно-отвальный тип ЭГС** имеет ограниченное распространение. Формируются они исключительно в местах добычи и переработки калийных солей. Так, например, на базе Старобинского месторождения Солигорского горнопромышленного района (ГПР) созданы и работают четыре рудоуправления ОАО «Беларуськалий» [18], каждое из которых состоит из рудника и обогатительной фабрики. По уровню техногенного преобразования природной подсистемы шахтно-отвальные ЭГС относятся к числу наиболее трансформированных в Беларуси [9].

Широким распространением на территории республики пользуются **карьерно-отвальные эколого-геологические системы**, формирующиеся в местах

разработки открытым способом сырья для строительных материалов. Это легкоплавкие глины и суглинки (около 500 месторождений), песчано-гравийно-галечные материалы (100), силикатные и строительные пески (20), цементное (13), известковое (50) сырье, строительный камень (4) [20]. Создаются глубокие карьеры, формируются большие объемы техногенных грунтов – отвалы вскрышных пород. В бортах карьеров и на отвалах часто развиваются гравитационные процессы, иногда значительных масштабов.

Нефтегазопромысловые эколого-геологические системы возникли в местах добычи нефти и попутного газа на юге Беларуси в пределах Припятского прогиба. В настоящее время открыто 90 месторождений нефти и газоконденсата, 65 из которых находятся

в разработке. Глубина залегания продуктивных пластов, приуроченных главным образом к верхнедевонским породам, составляет от 1900 м (на Речицком месторождении) до 3800 м (на Южно-Осташковичском месторождении) [20]. Особенностью функционирования нефтегазопромысловых эколого-геологических систем являются масштабные техногенные изменения их геологической подсистемы.

Торфяно-промышленные эколого-геологические системы являются типичными для территории республики, тяготеют они преимущественно к Полесской низменности. Добыча торфа производится на промышленной основе с применением большого количества техники. За последние 60 лет в Беларуси торфоразработками нарушено более 1,3 тыс. месторождений торфа общей площадью около 300 тыс. га. После отработки торфяные площади почти повсеместно рекультивируются, в отличие от карьерно-отвалных, и передаются в сельскохозяйственное использование [9].

Весьма специфичен класс **промышленных эколого-геологических систем**, в котором в зависимости от особенностей хозяйственной деятельности выделяются производственный и складской виды ЭГС. Из них наибольшим распространением на территории страны пользуются **производственные ЭГС**, отличающиеся многообразием технических объектов, каждый из которых имеет свое определенное функциональное назначение и свой набор инженерных сооружений.

Складские ЭГС объединяют различного рода складские, технопарковые сооружения, крупные промышленные шламонакопители ишламоотвалы, а также полигоны и свалки твердых промышленных отходов (ТПО). Наиболее остро в республике стоит проблема создания и эксплуатации полигонов для захоронения ТПО и осадков промышленных сточных вод (ОПСВ).

Не менее специфичен класс **оборонно-промышленных эколого-геологических систем**, занимающий значительную площадь в стране и отличающийся весьма широким разнообразием технических объектов [9; 29]. Основными среди этих объектов являются: военные городки с присутствующими им жилищно-коммунальными службами, системами связи и службами обеспечения; автодороги, взлетно-посадочные полосы и (или) стартовые ракетные комплексы; авиакапониры и площадки для размещения авто- и бронетехники; склады горюче-смазочных материалов, ракетного топлива и окислителей; погрузочно-разгрузочные платформы на авто- и железнодорожных коммуникациях; склады взрывчатых и отравляющих веществ; полигоны различного назначения (танкодромы, стрельбища, полигоны для бомбометания и пр.); площадки для очистки и мытья военной техники и вооружений; военные промышленные комплексы и пред-

приятия; места захоронения радиоактивных и других высокотоксичных отходов; специальные свалки; очистные сооружения [9]. Учитывая широкое многообразие объектов технической и геологической подсистем рассматриваемых ЭГС, можно выделить несколько их типов – **военно-производственные, военно-складские, военно-дорожные и военно-аэродромные** [7; 8]. Они часто сочетаются друг с другом (например, в пределах военных баз [29]).

Класс селитебные эколого-геологические системы объединяет сеть населенных пунктов (технических систем), которая представлена в Беларуси 115 городами, 85 поселками городского типа и 23 027 сельскими поселениями [2]. Их геологическая подсистема представлена в основном массивами четвертичных песчано-глинистых грунтов, имеющих повсеместное распространение и служащих в большинстве случаев основанием фундаментов зданий и сооружений.

По функциональному назначению можно выделить три типа селитебных ЭГС: **жилой застройки, общественной застройки, жилищно-коммунальные** (котельные, свалки твердых коммунально-бытовых отходов, очистные сооружения) [7; 8]. Технические подсистемы указанных типов ЭГС по-разному оказывают воздействие на геологическую составляющую этих систем, что является причиной возникновения различных инженерно-геологических процессов. Наибольшей интенсивностью на этих участках отличается нитратное загрязнение. В водах колодцев и неглубоких скважин содержание нитратов часто возрастает до 300–600 мг/дм³, достигая в отдельных случаях 1200–2492 мг/дм³ [9].

Класс транспортно-коммуникационные эколого-геологические системы отличается большим разнообразием технических объектов (таких как авто- и железные дороги, продуктопроводы, взлетно-посадочные полосы аэродромов, АЗС, вокзалы, депо, ангары, парки, различная техника и др.) и их пространственным размещением. Они могут формироваться как на больших территориях, так и на локальных участках. Это позволяет выделить несколько типов транспортно-коммуникационных ЭГС: **автодорожные, железнодорожные, аэродромные, промышленно-продуктопроводные** [7; 8]. Геологическая подсистема этих ЭГС в основном представлена массивами четвертичных песчано-глинистых грунтов, служащими основаниями зданий и сооружений. Создание и функционирование транспортно-коммуникационных ЭГС, как правило, приводят к изменениям всех компонентов природной среды [11].

В **классе агрономические эколого-геологические системы** по особенностям возделывания земель и выращивания культур выделяют **тепличные и земледельческие** типы ЭГС, имеющие весьма широкое распространение и охватывающие значительные площади. Отличаются они большим разнообразием

формирующего их субстрата, и приурочены большей частью к вторично-моренным, холмисто-моренно-эрозионным, моренно-озерным и лёссовым ландшафтам, различающимся между собой особенностями рельефа, составом почвенного покрова и подпочвенных грунтов, степенью дренированности, характером протекания различных экзогенных процессов, микробноценозами, растительными и животными организмами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, можно заключить, что на территории Беларуси развиты многообразные типы как природных, так и техногенных эколого-геологических систем, в которых определяющую роль играют их литотопы. На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Предложена классификация литотопов территории Беларуси, рассматриваемых как литогенная основа для формирующихся на них экосистем.

2. Разработаны подходы и классификации как природных, так и техногенных (техно-природных, природно-техногенных и антропогенных) эколого-геологических систем территории Беларуси, основанные на учете особенностей литотопов и инженерно-хозяйственных объектов.

3. Представленные классификации могут служить основой для изучения и характеристики эколого-геологических систем Беларуси при решении различных экологических проблем, а также при инженерно-экологических исследованиях и изысканиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Базовые** понятия инженерной геологии и экологической геологии: 280 основных терминов / под ред. В. Т. Трофимова. – М. : ОАО «Геомаркетинг», 2012. – 320 с.
2. **Беларусь** в цифрах [Электронный ресурс] / Президент Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://president.gov.by/ru/belarus/numbers>. – Дата доступа: 07.02.2023.
3. **Галкин, А. Н.** Грунтовые толщи Беларуси / А. Н. Галкин // Литасфера. – 2016. – № 1 (44). – С. 68–75.
4. **Галкин, А. Н.** Инженерная геология Беларуси. Основные особенности пространственной изменчивости инженерно-геологических условий и история их формирования / А. Н. Галкин, А. В. Матвеев, В. Г. Жогло. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2006. – 208 с.
5. **Галкин, А. Н.** Инженерная геология Беларуси : в 3 ч. / под науч. ред. В. А. Королева. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2016–2018. – Ч. 1 : Грунты Беларуси / А. Н. Галкин. – 2016. – 367 с.
6. **Галкин, А. Н.** Инженерная геология Беларуси : в 3 ч. / под науч. ред. В. А. Королева. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2016–2018. – Ч. 3 : Региональная инженерная геология / А. Н. Галкин, А. В. Матвеев. – 2018. – 183 с.
7. **Галкин, А. Н.** Литотехнические системы Белоруссии: закономерности функционирования, мониторинг и инженерно-геологическое обоснование управления: автореф. дис. ... д-ра геол.-минер. наук : 25.00.08 / А. Н. Галкин. – М. : МГУ им. М. В. Ломоносова, 2014. – 37 с.
8. **Галкин, А. Н.** О новом подходе к инженерно-геологической типизации литотехнических систем территории Белоруссии / А. Н. Галкин // Инженерная геология. – 2014. – № 3. – С. 46–59.
9. **Галкин, А. Н.** Особенности функционирования литотехнических систем территории Белоруссии / А. Н. Галкин, В. А. Королев // Инженерная геология. – 2014. – № 4. – С. 28–44.
10. **География** почв Беларуси : учеб. пособие / Н. В. Клебанович [и др.]. – Минск : БГУ, 2009. – 198 с.
11. **Геологическое** пространство как экологический ресурс и его трансформация под влиянием техногенеза / В. Т. Трофимов [и др.]; под ред. В. Т. Трофимова. – М. : Академическая наука – Геомаркетинг, 2014. – 566 с.
12. **Дашко, Р. Э.** Микробиота в геологической среде: ее роль и последствия / Р. Э. Дашко // Сергеевские чтения. Вып. 2. Материалы годичной сессии Науч. совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, Москва, 22 марта 2000 г. / РАН, Ин-т геоэкологии РАН; ред. кол.: В. И. Осипов (отв. ред.) [и др.]. – М. : ГЕОС, 2000. – С. 72–77.
13. **Инженерная** геология Беларуси : в 3 ч. / под науч. ред. В. А. Королева. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2016–2018. – Ч. 2 : Инженерная геодинамика Беларуси / А. Н. Галкин [и др.]. – 2017. – 452 с.
14. **Каштелян, Т. В.** Формирование системы воспроизводства лесных ресурсов Беларуси / Т. В. Каштелян // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2017. – № 1. – С. 40–50.
15. **Королёв, В. А.** К построению общей классификации континентальных эколого-геологических систем / В. А. Королёв, В. Т. Трофимов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. – 2022. – № 1. – С. 54–61.
16. **Королёв, В. А.** Систематика водных (аквальных) эколого-геологических систем / В. А. Королёв, В. Т. Трофимов // Инженерная геология. – 2022. – Том XVII, № 1. – С. 48–63.
17. **Ландшафты** Белоруссии / Г. И. Марцинкевич [и др.]. – Минск : Университетское, 1989. – 206 с.
18. **Муравейко, В.** Анализ охраны окружающей среды на ОАО «Беларуськалий» / В. Муравейко, К. М. Мукина // Сахаровские чтения 2017 года: экологические проблемы XXI века : материалы междунар. науч. конф., Минск, 18–19 мая 2017 г. : в 2 ч. / Междунар. гос. экол. ин-т им. А. Д. Сахарова Бел. гос. ун-та; под ред. С. А. Маскевича, С. С. Пожняка. – Минск, 2017. – Ч. 2. – С. 162–163.
19. **Нацыянальны** атлас Беларусі. – Мінск : Камітэт па зямельных рэсурсах, геадэзіі і картаграфіі пры Сав. Мін. Рэсп. Беларусь, 2002. – 292 с.

20. **Основы** геологии Беларуси / А. С. Махнач [и др.]; под общ. ред. А. С. Махнач. – Минск, 2004. – 391 с.
21. **Панкратова, К. В.** Некоторые негативные последствия контаминации подземного пространства Санкт-Петербурга при решении проблемы его освоения / К. В. Панкратова, А. П. Черемхина // Современные проблемы освоения недр : материалы I Всерос. заоч. с междунар. участ. науч.-практ. конф. молод. ученых, аспирантов и студ., Белгород, 5–20 мая 2011 г. / Нац. исслед. ун-т «БелГУ», Бел. рег. отд. РОМГГиФ. – Белгород, 2011. – С. 33–37.
22. **Сукачев, В. Н.** Идея развития в фитоценологии / В. Н. Сукачев // Советская ботаника. – 1942. – № 1–3. – С. 5–17.
23. **Теория** и методология экологической геологии / под ред. В. Т. Трофимова. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1997. – 368 с.
24. **Торф** как среда обитания микроорганизмов [Электронный ресурс] / Зооинженерный факультет РГАУ-МСХА. – Режим доступа: <https://www.activestudy.info/torf-kak-sreda-obitaniya-mikroorganizmov/?ysclid=ldlcupha9t282862885>. – Дата доступа: 02.02.2023.
25. **Трофимов, В. Т.** Грунтовые толщи, признаки их выделения и классификация / В. Т. Трофимов // Теоретические основы инженерной геологии. Геологические основы / под ред. Е. М. Сергеева. – М. : Недра, 1985. – С. 128–137.
26. **Трофимов, В. Т.** Эколого-геологическая система, ее типы и положение в структуре экосистемы / В. Т. Трофимов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. – 2009. – № 2. – С. 48–52.
27. **Трофимов, В. Т.** Экологическая геология в программе «Университеты России» / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 1994. – № 3. – С. 117–120.
28. **Физическая** география Витебской области : учеб. пособие / А. Н. Галкин [и др.]; под ред. А. Н. Галкина. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2021. – 242 с.
29. **Экология** территории бывших военных баз / А. В. Кудельский [и др.] // Литасфера. – 1997. – № 7. – С. 153–166.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 20.02.2023

Рэцэнзент А. В. Мацвееў

КЛАСІФІКАЦЫЯ ЭКОЛАГА-ГЕАЛАГІЧНЫХ СІСТЭМ БЕЛАРУСІ НА АСНОВЕ ЎЛІКУ АСАБЛІВАСЦЕЙ ЛІТАТОПАЎ І ІНЖЫНЕРНА-ГАСПАДАРЧЫХ АБ'ЕКТАЎ

А. М. Галкін¹, В. А. Каралёў²

¹Віцебскі дзяржаўны ўніверсітэт імя П. М. Машэрава
Маскоўскі прасп., 33, 210038, Віцебск, Беларусь
E-mail: galkin-alexandr@yandex.ru

²Маскоўскі дзяржаўны ўніверсітэт імя М. В. Ламаносава
Ленінскія горы, 1, 119991, Масква, Расія
E-mail: va-korolev@bk.ru

У артыкуле разглядаюцца пытанні сістэматыкі экалага-геалагічных сістэм тэрыторыі Беларусі на аснове аналізу ўзаемасувязі іх абіятычных (літаатопа, эдафатопа, тэхнічных падсістэм) і біятычных (мікробацэнозу, фітацэнозу, зоацэнозу) кампанентаў і іх асаблівасцей. Прапанавана класіфікацыя літаатопаў тэрыторыі Беларусі, якія разглядаюцца як літагенная аснова для экасістэм. Распрацаваны падыходы і класіфікацыі як прыродных, так і тэхнагенных (тэхна-прыродных, прыродна-тэхнагенных і антрапагенных) экалага-геалагічных сістэм Беларусі. Выкананы класіфікацыі могуць служыць асновай для вывучэння і характарыстыкі экалага-геалагічных сістэм Беларусі пры вырашэнні розных экалагічных праблем, а таксама пры інжынерна-экалагічных даследаваннях і пошуках.

CLASSIFICATION OF ECOLOGICAL-GEOLOGICAL SYSTEMS OF BELARUS BASED ON THE FEATURES OF LITHOTOPS AND ENGINEERING OBJECTS

A. Galkin¹, V. Korolev²

¹Vitebsk State University named after P.M. Masherov
33 Moscovski Avenue, 210038, Vitebsk, Belarus
E-mail: galkin-alexandr@yandex.ru

²Lomonosov Moscow State University
1 Leninskie Gory, 119991, Moscow, Russia

The article deals with the taxonomy of ecological-geological systems of the territory of Belarus based on the analysis of the relationship between their abiotic (lithotope, edaphotope, technical subsystems) and biotic (microbocenosis, phytocenosis, zoocenosis) components and their features. A classification of lithotopes in the territory of Belarus, considered as a lithogenic basis for ecosystems, is proposed. Approaches and classifications of both natural and technogenic (techno-natural, natural-technogenic and anthropogenic) ecological-geological systems of Belarus have been developed. The above classifications can serve as a basis for studying and characterizing the ecological and geological systems of Belarus in solving various environmental problems, as well as in engineering and environmental studies and surveys.