

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
Геологический факультет
Кафедра инженерной и экологической геологии

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ И ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПЕСКОВ И ПЕСЧАНЫХ МАССИВОВ

Труды Международной научной конференции
(27-28 сентября 2018 г., МГУ, Москва, Россия)

Под редакцией В.Т.Трофимова и В.А.Королева



Москва – 2018 г.

УДК 624.131+624.138.24+556

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ И ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПЕСКОВ И ПЕСЧАНЫХ МАССИВОВ // Труды Международной научной конференции (27-28 сентября 2018 г., МГУ, Москва, Россия) / Под редакцией В.Т.Трофиморва и В.А.Королева. – М., ООО «СамПринт», 2018, 283 с.

В сборнике представлены труды Международной научной конференции по инженерно-геологическому и эколого-геологическому изучению песчаных грунтов и песчаных массивов, состоявшейся на геологическом факультете МГУ им. М.В.Ломоносова, в ходе которой были рассмотрены актуальные вопросы изучения состава, строения и свойств песков, вопросы геодинамики песчаных массивов, их региональных особенностей, а также их эколого-геологической оценки и технической мелиорации.

Для специалистов в области грунтоведения и инженерной геологии, гидрогеологии, геокриологии, почвоведения, экологической геологии и геоэкологии, а также студентов и аспирантов геологических специальностей вузов.

ISBN 978-00077-737-4

© Геологический факультет МГУ, 2018

спускаются полосой от восточной рамки к южной (I₈ и I₉). Грунты - песок мелкозернистый и тонкозернистый в понижениях.

Чередование широтно-ориентированных гряд и межгрядовых ложбин (бэровские бугры) с комплексом сообществ биюргуновых псаммофитно-белопольных и сарсазановых. Бэровские бугры иногда частично погребенные под песчаные отложения (пески тонкозернистые и суглинки; засоление грунтов от слабого до сильного на грядах и очень сильного в понижениях (II₄^{ав}).

Список литературы:

1. Диаров М.Д. «Экология и нефтегазовый комплекс». Алматы, 2003, с.377-490.
2. Быков Б.А. Растительность полупустыни Северного Прикаспия и ее кормовое значение. Алматы, 1955, изд. АН КазССР, 1955

SANDY MASSIF OF THE NORTHERN CASPIAN

Saburova N.E., Zavaley V.A.

Kazakh national research technical university after Satpayev K.I., Almaty, Kazakhstan.

Annotation: Information is given on the conditions of the structure of sandy massifs of Naryn-sands within the Volga-Ural interfluvium

Within the array are allocated large landscape units. Information is provided on the effect of vegetation on gradual consolidation of sand, deterioration of aeration and water-physical properties

Keywords: sandy massif, Naryn-sands, landscape-indicator map, landscape units.

УДК 55; 504

ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МАССИВОВ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ

Трофимов В.Т., Королев В.А.

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия,
e-mail: trofimov@rector.msu.ru*

Аннотация: В эколого-геологическом отношении песчаная грунтовая толща рассматривается как компонент эколого-геологической системы или биогеоценоза. Рассмотрены характерные эколого-геологические особенности песчаных массивов. Выделены типы песчаных эколого-геологических систем и рассмотрена их структура.

Ключевые слова: песок, песчаный массив, эколого-геологическая система, псаммофилы, псаммофиты, литотоп песчаный, экотоп песчаный, биоценоз песчаный

В эколого-геологическом отношении песчаная грунтовая толща или массив рассматривается как компонент эколого-геологической системы (ЭГС) или биогеоценоза [5,8], в отличие от инженерно-геологического подхода к её анализу [3].

В практическом плане — это определенный объем литосферы с находящейся в ней и на ней биотой, включая человеческий 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, включающая породы, подземные воды, нефть и газы, геохимические и геофизические поля и протекающие современные геологические процессы, влияющая на существование и развитие биоты, в т.ч. и человеческого сообщества. [1,6]. Исходя из этого, можно конкретизировать эколого-геологические системы, формирующиеся на (в) массивах песчаных грунтов – *эколого-геологические системы песчаные (ЭГСП)*, или *биогеоценозы песчаные* [8]. Их структура, а также вводимые нами новые понятия, показаны на рис. 1.

Абиотическая подсистема ЭГС песчаных представлена песчаными литотопом, гидротопом (поверхностными и/или подземными водами песчаного массива), атмотопом (или климатопом - климатическими факторами, обуславливающими термо-влажностный режим песчаного массива и влияющими, в том числе, на условия жизнеобитания биоты), а также эдафотопом песчаным – почвами, развивающимися на песчаных грунтах. Эдафотоп песчаный является переходным компонентом абиотической и биотической подсистем ЭГСП, поскольку почва является «биокостным» (по В.И.Вернадскому) образованием, включающим в себя как живые, так и неживые субкомпоненты.

Литотоп песчаный может быть представлен как природными песчаными массивами различного генезиса (аллювиального, флювиогляциального, озерного, морского и т.п.), так и техногенными (антропогенными) песчаными массивами (намывными, насыпными, техногенно преобразованными и т.п.). Это важнейшая часть ЭГС, ее литогенная основа.

Биоценоз песчаный в общем случае может формироваться за счет нескольких составляющих - псаммомикробиоценоза, псаммофитоценоза, псаммозооценоза и псамоосоциума, а в частном – за счет нескольких или лишь какой-либо одной из вышеуказанных составляющей. Дадим определения введенным новым понятиям [8].

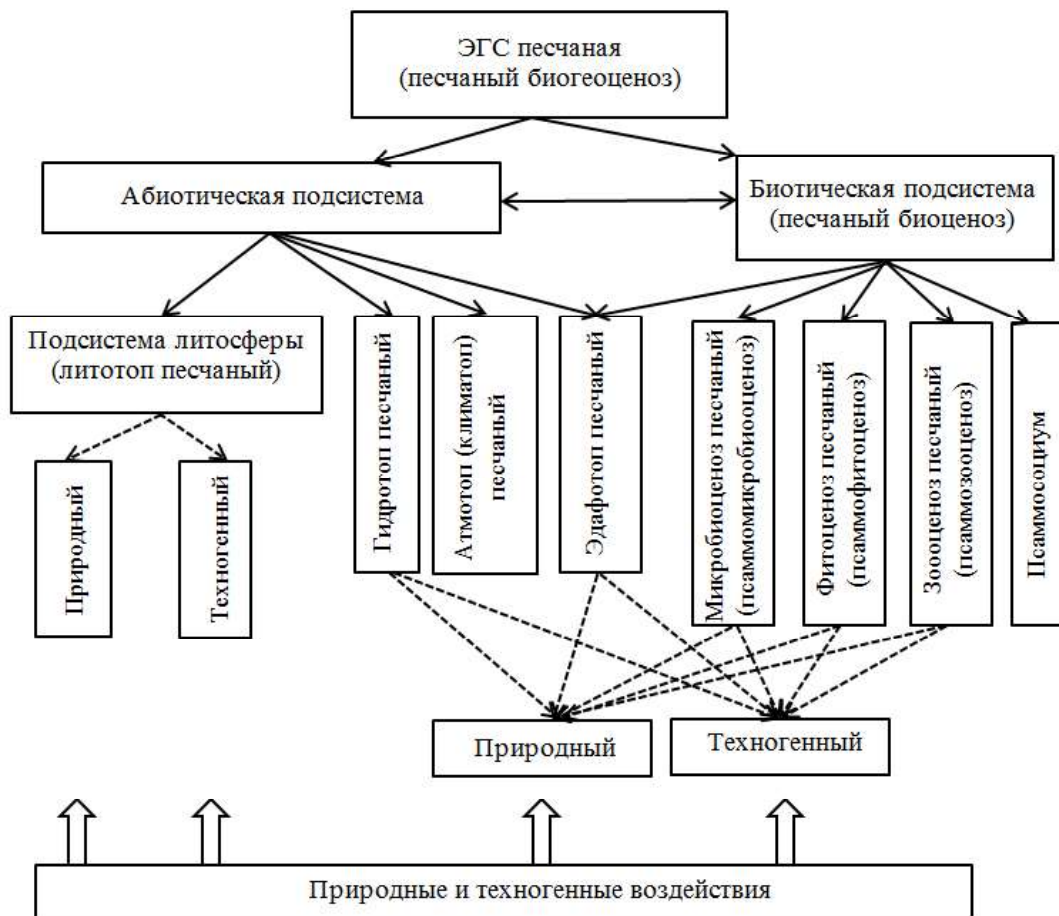


Рис.1. Структура песчаной эколого-геологической системы

Псаммомикробиоценоз – это естественное или искусственное сообщество микроорганизмов, экологически связанных с песчаным массивом (литотопом песчаным), существующее в пределах одного биотопа и характеризующееся относительной однородностью видового состава, структурой и системой взаимоотношений микроорганизмов друг с другом и внешней средой.

Микроорганизмы в псаммомикробиоценозах могут быть представлены как псаммофитами², так и псамофилами³. Из микроорганизмов прокариотов-псаммофилов в песчаных грунтах могут быть распространены бактерии, археи, цианобактерии (в том числе,

² *Псаммофиты* – растения (включая низшие формы), произрастающие на песках или в песках.

³ *Псаммофилы* – живые организмы (включая микроорганизмы), обитающие в песках.

одноклеточные водоросли), среди эукариотов – низшие водоросли, грибы, а также одноклеточные животные. Диапазон экологических условий, в которых живут и функционируют микроорганизмы в песках, чрезвычайно широк.

Например, в песках пустынь общая численность микроорганизмов-псаммофилов в приповерхностном слое оценена в $6 \cdot 10^8$ кл/г грунта [4]. В образцах намывных песчаных грунтов бухты Даяоуань (Китай) обнаружено $9 \cdot 10^8$ клеток бактерий, около 80 м мицелия актиномицет и 25 м грибов на 1г грунта, общая биомасса составляет 0,3 мг/г. В песчаных грунтах водоносных горизонтов содержится порядка 10^8 клеток бактерий-псаммофитов на 1 г грунта. При этом количество метаболически активных клеток в 10-100 раз меньше и резко сокращается с глубиной в верхних 5 м разреза (примерно в 10 раз), затем до изученной глубины (35 м) изменяется слабо [11].

Псаммофитоценоз - это естественное или искусственное сообщество растений, экологически связанных с песчаным массивом (литотопом песчаным), существующее в пределах одного биотопа и характеризующееся относительной однородностью видового состава, структурой и системой взаимоотношений растений друг с другом и внешней средой.

Растения в псаммофитоценозах могут быть представлены различными псаммофитами – от водорослей и травянистых растений, до кустарников и древесных растений. Для растений-псаммофитов песчаный грунт является вмещающей и питательной средой для корневых систем. Специализация растений-псаммофитов достигла такого совершенства, что, например, некоторые растения-пионеры первого порядка даже отмирают при утере подвижности песков [2].

Пески и песчаные почвы являются субстратом для многих растений-псаммофитов пустынь и полупустынь. Как правило, это виды растений не требовательные к влаге и способные переносить длительную засуху. В средней полосе на песках произрастают иные растения, в основном не требовательные к большому разнообразию питательных веществ, которыми обычно обеднены пески.

Псаммозооценоз - это естественное или искусственное сообщество животных, экологически связанных с песчаным массивом (литотопом песчаным), существующее в пределах одного биотопа и характеризующееся относительной однородностью видового состава, структурой и системой взаимоотношений животных друг с другом и внешней средой. Животные в псаммозооценозах могут быть представлены различными псаммофилами – от всевозможных

беспозвоночных (червеобразных, членистоногих (ракообразных, насекомых и др.), головохордовых – ланцетников и многих др.) до позвоночных – амфибий, рептилий, птиц и млекопитающих. Их видовой состав и количество в ЭГС песчаных обуславливается различными экологическими факторами: питательными ресурсами, тепло- и влагообеспеченностью и др.

Псаммосоциум – это исторически сложившееся или искусственное сообщество людей, жизнь которых, так или иначе, экологически связана с песчаным массивом (литотопом песчаным), наложившим определенный отпечаток на формы их хозяйственной и иной деятельности, культуры и взаимоотношений. В качестве примеров псаммосоциума можно указать многие кочевые племена и народности, живущие в пустынях – бедуины Аравии и Африки, берберы Африки, кочевники Средней Азии, аборигены Австралии и т.п. Значительная часть социума древних цивилизаций Египта, Месопотамии и Китая также была связана с пустынями. По сравнению с другими типами социумов, псаммосоциумы складывались в неблагоприятных экологических условиях. Формирование псаммосоциума в неблагоприятных условиях пустынь проходило под воздействием различных исторических факторов, а в качестве основной причины считается борьба за выживание и вытеснение одних племен другими в менее благоприятные пустынные условия.

С другой стороны, глобальный процесс опустынивания на Земле влиял и влияет на социум, его расселение, уровень хозяйственного развития и т.п. Современное опустынивание южнее Сахары приводит к миграции миллионов людей в южные или северные районы Африки или в Европу, обостряя миграционный кризис. По этой же причине миграция происходит во многих странах Латинской Америки, южной Азии и др.

Основываясь на концепции об экологических функциях литосферы [7] (главная суть которой сводится к оценке влияния «неживого» - литосферы, на «живое» - биоту, включая и социум), эколого-геологический анализ песчаных массивов заключается в оценке влияния этих массивов на биоту, и их характеристику как эколого-геологических систем. При этом, анализируя массивы песчаных грунтов как объекты эколого-геологических исследований, необходимо учитывать их важнейшие эколого-геологические черты. Выделим их особенности.

Специфические эколого-геологические особенности песчаных грунтовых массивов обусловлены следующими факторами: эколого-ресурсными, эколого-геохимическими, эколого-геодинамическими,

эколого-геофизическими и санитарно-эпидемиологическими. Ниже они рассматриваются подробнее.

Эколого-ресурсные особенности песчаных массивов определяют возможность реализации ресурсной экологической функции литосферы, а в данном случае – песчаных массивов. В ЭГС песчаных эта функция выполняется за счет всех подсистем песчаного биогеоценоза (см. рис.1).

За счет **литотона песчаного** формируются: а) ресурсы геологического пространства; б) ресурсы полезных ископаемых; в) вещественно-энергетические ресурсы. При этом ресурсы геологического пространства песчаных ЭГС используются псаммофитами, а также различными микро- и макроорганизмами как среда их обитания (устройство нор, гнезд, убежищ и т.п.). Ресурсы полезных ископаемых, связанные с ЭГС песчаными, обусловлены возможностью использования песков как важнейшего строительного материала, а также некоторыми специфическими типами других полезных ископаемых, формирующихся в песчаных массивах (нефтяные месторождения и т.п.). Вещественно-энергетические ресурсы ЭГС песчаных обусловлены наличием в песках высокой пористости и аэрируемости (в зоне аэрации), способствующей формированию доступных газовых ресурсов, необходимых аэробным псаммофилам и псаммофитам. В то же время необходимо отметить характерную для песков бедность ресурсными элементами минеральной и азотной пищи для биоты.

За счет **гидротона песчаного** формируются ресурсы подземных вод, обусловленные наличием в песках высокой пористости и водопроницаемости. Поэтому при наличии водоупора песчаные толщи содержат горизонты подземных вод, рассматриваемые как ресурсы питьевого и/или технического водоснабжения. Водные ресурсы являются необходимым компонентом для существования биоты. В ЭГС песчаных они обусловлены наличием в пределах капиллярной каймы и ниже ресурсов воды, доступной для растений и иных организмов. Этот ресурс формируется и за счет **атмотона (климатона) песчаного**, поскольку влагообеспеченность песчаных массивов зависит от климатических факторов и в региональном плане подчиняется широтной и вертикальной зональности. От атмотона зависит и теплообеспеченность песчаных ЭГС, влияющая на условия обитания биоты. Освоение и обитаемость песков животными-псаммофилами тесно связана с их тепло- влажностным режимом: животные не выносят температуры воздуха более 54-55°C и тем более температуры поверхности песка свыше 80°C.

За счет *эдафотона песчаного* формируются почвенные ресурсы, рассматриваемые как источник плодородия в сельском хозяйстве. Почвы, формирующиеся на песчаных толщах, обладают специфическими особенностями [2].

И, наконец, за счет *биоценоза песчаного* формируются питательные ресурсы для самих организмов, которые обусловлены наличием различных пищевых цепей между продуцентами и консументами в пределах данной ЭГС песчаной.

Эти и другие эколого-ресурсные факторы, каждый в отдельности и вместе взятые, будучи нередко крайне обостренными, создают противоречия между песчаной средой и живыми организмами. В результате у обитателей песков возникают приспособления, позволяющие преодолевать воздействие среды и жить в ресурсных условиях, казалось бы, исключаящих возможность жизни [2].

Эколого-геохимические особенности песчаных массивов определяют возможность реализации геохимической экологической функции литосферы, а в данном случае – песчаных массивов. В ЭГС песчаных эта функция также выполняется за счет всех подсистем песчаного биогеоценоза (см. рис.1).

Так, например, за счет литотопа песчаного реализуется возможность относительно высокой геохимической миграции различных жидких, газообразных и биотических компонентов как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях, обусловленных высокими коэффициентами проницаемости и фильтрации песков и их низкой сорбционной способностью.

При этом в пределах зоны аэрации наблюдается в основном вертикальная миграция компонентов (воды, газов, растворенных компонентов и т.п.). Испарение влаги с песчаной поверхности приводит к кристаллизации водорастворимых солей на фронте испарения, особенно характерной для районов с высоким индексом сухости.

Кроме того, геохимическая экологическая функция ЭГС песчаных обусловлена потенциальным наличием засоленности песков, особенно характерной для песков аридной зоны и обусловленной, в том числе и зонально-климатическими факторами (песчаным климатопом). В этой связи данная функция также определяется потенциальной возможностью формирования в песчаных грунтовых толщах специфических геохимических барьеров в зависимости от типа засоления (хлоридное, сульфатное, бикарбонатное и т.п.), играющих, в том числе, и важную экологическую роль на пути миграции различных компонентов.

Эколого-геодинамические особенности песчаных массивов определяют возможность реализации геодинамической экологической функции литосферы, а в рассматриваемом случае – песчаных массивов, в пределах которых формируются специфические экзогенные геологические процессы, влияющие на экосистемы. В структуре ЭГС песчаных они формируются в основном за счет песчаных литотопа и атмосфера.

В эколого-геодинамическом отношении рассматриваемые особенности обусловлены:

1. Потенциальным развитием на территориях песчаных грунтовых толщ эоловых процессов, влияющих на формирование, состояние и деградацию природных экосистем, а также их биоразнообразие;

2. В региональном плане - подчиненностью районов распространения эоловых процессов климатической зональности;

3. Влиянием эоловых процессов (эолового переноса, движущихся песков и т.п.) на урбанизированные экосистемы и социумы, вплоть до их уничтожения;

4. Отрицательным влиянием эоловых процессов на инфраструктуру урбанизированных экосистем и инженерные сооружения;

5. Положительным влиянием песчаных пляжей на подавление береговой абразии и их использованием для систем береговой инженерной защиты.

Можно привести множество негативных исторических примеров гибели городов и даже целых цивилизаций от наступающей пустыни, когда под слоем песка оказывались дома, дороги, сельхозугодья и т.п. (Древний Египет, Месопотамия, Хара-Хото и др.). Но и в наше время подобные явления не являются исключением. Ярким примером этого является город Кольманскоп в пустыне Намиб (Намибия), который еще сто лет назад процветал и был мировым центром по добыче алмазов, а сейчас превратился в покинутый всеми город-призрак, засыпанный песком.

Эколого-геофизические особенности песчаных массивов определяют возможность реализации геофизической экологической функции литосферы, а в рассматриваемом случае – песчаных массивов, в пределах которых формируются специфические геофизические поля, влияющие на экосистемы. Указанные особенности изучены в наименьшей степени. В эколого-геофизическом отношении они, прежде всего, обусловлены влиянием песчаных грунтовых толщ на формирование природных аномалий геофизических полей (теплового,

электромагнитного и др.) вследствие наличия у песков специфических параметров теплофизических, электрических и др. свойств.

Санитарно-гигиенические особенности песчаных массивов заключаются в наличии в пределах ЭГС песчаных определенных факторов, важных в санитарно-гигиеническом отношении. Для ЭГС песчаных они обусловлены: 1). Потенциальным наличием в песках пляжей, используемых в курортно-рекреационных целях, патогенных микроорганизмов, что особенно актуально при массовом скоплении отдыхающих. 2). Отрицательным влиянием на организмы (включая человека) цианобактерий (сине-зеленых водорослей), содержащихся в значительном количестве в песках морских побережий.

Например, по результатам обследования около 50 калифорнийских песчаных пляжей в песках было обнаружено около 1 тыс. таксонов микроорганизмов [9]. При этом в пляжных песках выявлены фекально-индексные организмы-псаммофиты, являющиеся непатогенными микроорганизмами, используемыми для выявления степени фекального загрязнения. Они, как правило, присутствуют в пляжном песке в гораздо большем количестве, чем патогенные микроорганизмы и легко выделяются, идентифицируются и подсчитываются. Фекально-индексные микроорганизмы, отмеченные на пляжах, включают колиформы (собственно колиформы, термостойкие колиформы и кишечную палочку), кишечные энтерококки, бактериофаги и клостридии [10].

Но наряду с этим было установлено, что ряд обнаруженных в песке родов и видов микроорганизмов, которые могут встретиться в результате контакта человека с песком, являются для него потенциально патогенными. Вследствие этого высказывалась обеспокоенность тем, что пляжный песок может выступать в качестве резервуара или источника развития инфекций [12,13,14].

В ряде морей (Балтийское, Северное и др.) наблюдаются периодические вспышки размножения цианобактерий, фиксируемого в виде «цветения воды». При этом резко увеличивается их количество и в прибрежных песках. Токсичные вещества, содержащиеся в цианобактериях, могут попадать в водоросли и по пищевым цепям в другие морские организмы, а также к человеку, вызывая отравления [10].

Типы природных эколого-геологических систем песчаных могут быть выделены на основе вышерассмотренной структуры ЭГС песчаной (см. рис.1), а их систематика показана в табл.1 [8].

Для каждого из перечисленных литотопов характерен свой гидротоп песчаный (см. табл.). Так для сухопутных литотопов песчаных могут выделяться гидротопы зоны аэрации и гидротопы подземных вод.

Таблица 1

Типы природных эколого-геологических систем песчаных [8]

Тип ЭГСП	Тип литотопа песчаного	Гидротоп песчаный	Атмотоп песчаный	Эдафотоп песчаный	Преобладающий биоценоз песчаный	
Сухопутный	Речных террас	а) подземных вод; б) зоны аэрации	Зональной тепло-влажностности	Развитый	Сухопутный псаммофитоценоз	
	Морских террас			Развитый	То же	
	Флювиогляциальных толщ			Развитый	То же	
	Эоловых толщ пустынь и полупустынь			Низкой влажно- и высокой теплообеспеченности	Отсутствует или слабо развитый	Сухопутный псаммозооценоз
	Кор выветривания				Отсутствует или слабо развитый	Сухопутный псаммофитоценоз
	Прибрежных пляжей				Отсутствует	Сухопутный псаммомикробиоценоз
	Вулканогенно-осадочных толщ				Отсутствует или слабо развитый	Сухопутный псаммофитоценоз
Аквальный (подводный)	Донных аллювиальных толщ	Полного водонасыщения	Зональной теплообеспеченности	Отсутствует	Пресноводный псаммомикробиоценоз, псаммофито- и зооценозы	
	Донных озерных толщ				Пресноводный псаммомикробиоценоз, псаммофито- и зооценозы	
	Донных морских толщ				Морской подводный псаммомикробиоценоз, псаммофито- и зооценозы	

Последние могут подразделяться на различные подтипы, исходя из особенностей грунтовых вод, количества водоносных горизонтов, гидрохимического состава и динамики подземных вод.

Кроме того, каждая из вышеперечисленных эколого-геологических систем, обусловленных песчаными грунтовыми толщами, может формироваться в разных условиях тепло- и влагообеспеченности, подчиняющейся климатической зональности. В этой связи они, по крайней мере, должны подразделяться на подтипы песчаных аэотопов, развитых на территориях: 1) с положительными температурами; 2) с сезонным промерзанием грунтов и 3) с многолетнемёрзлыми песчаными породами.

Эдафотопы песчаные в пределах рассматриваемых типов ЭГС песчаных могут быть в той или иной степени развиты (как, например, на аллювиальных или флювиогляциальных литотопах песчаных), а могут и отсутствовать (как, например, в пустынях).

Что касается биотопов песчаных, то их состав определяется всем комплексом вышеперечисленных факторов и подсистем, составляющих ЭГС. Среди них можно выделить два основных типа: сухопутные и подводные, а среди последних - пресноводные и солоноводные (морские). В пределах ЭГС песчаных могут формироваться и псаммомикробиоценозы, и псаммофитоценозы, и псаммозооценозы; они могут существовать все вместе, а могут присутствовать и по отдельности – всё зависит от особенностей данной ЭГС песчаной.

Наряду с вышеуказанными типами природных ЭГСП могут быть выделены и их соответствующие техногенные аналоги в зависимости от оказываемых на ЭГСП видов антропогенных воздействий и масштабов искусственного преобразования этих систем.

Таким образом, массивы песчаных грунтов представляют собой сложные и специфические объекты для эколого-геологических исследований, в ходе которых необходимо учитывать их важнейшие эколого-геологические особенности. В результате проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

1. Обоснована структура эколого-геологических систем песчаных (биогеоценозов песчаных).

2. Выделены новые понятия, раскрывающие структуру ЭГС песчаных (псаммофитоценоз, псаммозооценоз, псаммосоциум и др.), и даны их определения.

3. Установлены основные особенности ЭГС песчаных, обуславливающие реализацию экологических функций: ресурсной, геохимической, геодинамической, геофизической.

4. Предложена систематизация типов ЭГС песчаных на основе анализа составляющих их абиотической и биотической подсистем.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-05-00944а.

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. *Гаель А.Г., Смирнова Л.Ф.* Пески и песчаные почвы. - М.: ГЕОС, 1999. 252 с.
3. *Королёв В. А., Трофимов В. Т.* История инженерно-геологического изучения песков в СССР и Российской Федерации // *Инженерная геология*. 2017, № 1. С. 4–19
4. *Манучарова Н.А., Власенко А.Н., Менько Е.В.* Специфика хитинолитического микробного комплекса в почвах, инкубируемых при различных температурах // *Микробиология*. 2011. Т.80, № 2. С. 219–229.
5. *Теория и методология экологической геологии* / Под ред. В.Т.Трофимова. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997, 368 с.
6. *Трофимов В.Т.* Эколого-геологическая система, её типы и положение в структуре экосистемы. // *Вестник Моск. ун-та. Серия 4. Геология*. 2009, №2. С.48-52
7. *Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г.* Экологическая геология / Учебник. - М.: ЗАО Геоинформмарк, 2002, 415 с.
8. *Трофимов В.Т., Королев В.А.* Массивы песчаных грунтов как объекты эколого-геологических исследований. // *Вестник Московского университета. Сер.4. Геология*, 2018, №2, с.59-65
9. *Boehm A.B., Yamahara K.M., Sassoubre L.M.* Diversity and Transport of Microorganisms in Intertidal Sands of the California Coast. // *Applied and Environmental Microbiology*, 2014, vol. 80 (13), pp. 3943-3951
10. *Guidelines for safe recreational water environments*. Vol. 1. Coastal and fresh waters. - World Health Organization. Geneva, 2003. 220 p.
11. *Kolbel-Boelke J., Anders E.-M., Nehr Korn A.* Microbial communities in the saturated groundwater environment. II. Diversity of bacterial communities in a Pleistocene sand aquifer and their *in vitro* activities. // *Microb. Ecol.*, 1988, 16: 31.
12. *Mendes B., Urbano P., Alves C., Lapa N., Norais J., Nascimento J., Oliveira J.F.S.* Sanitary quality of sands from beaches of Azores islands. // *Water Science and Technology*, 1997, 35(11–12): 147–150.
13. *Nestor I, Costin-Lazar L, Sovrea D, Ionescu N.* Detection of enteroviruses in sea water and beach sand. // *Zentralblatt für Bakteriologie, Mikrobiologie und Hygiene Abteilung 1*, 1984. 178 (5–6): 527–534.
14. *Roses Codinachs M., Isern Vins A.M., Ferrer Escobar M.D., Fernandez Perez F.* Microbiological contamination of the sand from the Barcelona city beaches. // *Revista de Sanidad e Higiene Publica*, 1988, 62(5–8): 1537–1544.

ECOLOGICAL-GEOLOGICAL PECULIARITIES OF SAND MASSIVES

Trofimov V.T., Korolev V.A.

Geological Faculty of Moscow State University, Moscow, Russia, e-mail:

trofimov@rector.msu.ru