

Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова

Геологический факультет



НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

***ЛОМОНОСОВСКИЕ
ЧТЕНИЯ***

СЕКЦИЯ ГЕОЛОГИИ

***Подсекция
инженерной и экологической геологии***

Руководитель – зав. кафедрой, профессор Трофимов В.Т.

СБОРНИК
ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

Москва
2024

Содержание:

1.	Максимальная гигроскопическая влажность – критерий оценки изменения проницаемости глинистых грунтов с ростом положительной температуры (от 20 до 90 °С) М.С. Чернов, А.Б. Ермолинский, В.Н. Соколов	2
2.	Особенности эколого-геологических систем природных континентальных массивов криолитозоны, сложенных грунтами разного генезиса и состава В.А. Королев, М.А. Харьковина, Ю.К. Васильчук	6
3.	Особенности континентальных эколого-геологических систем массивов гидротермальных грунтов Южной Камчатки В.А. Королёв, Ю.В. Фролова	10
4.	Особенности эколого-геологических систем массивов загрязнённых грунтов И.А. Родькина, В.А. Королёв	12
5.	Влияние поверхностных плёнок на физические и физико-механические свойства песчаных грунтов С.Д. Балыкова, Е.Н. Самарин, А.К. Петрова	15
6.	Особенности микростроения дисперсных грунтов, закреплённых химическими вяжущими Е.Н. Самарин, Н.А. Ларионова, М.С. Чернов, В.Н. Соколов, А.П. Пензев	19
7.	Критерии оценки городских эколого-геологических систем А.Д. Жигалин, М.А. Харьковина, Е.В. Архипова	21
8.	Закономерности распространения глинистых грунтов на территории России Т.И. Аверкина	23

МАКСИМАЛЬНАЯ ГИГРОСКОПИЧЕСКАЯ ВЛАЖНОСТЬ – КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ
ИЗМЕНЕНИЯ ПРОНИЦАЕМОСТИ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ С РОСТОМ
ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ (ОТ 20 ДО 90 °С)

М.С. Чернов, А.Б. Ермолинский, В.Н. Соколов

Одним из важнейших показателей глинистых грунтов является характеристики его порового пространства. С одной стороны, пористость обеспечивает движение жидкостей и газов в глинистых грунтах, их высокую физико-химическую активность и их возможность деформироваться. С другой стороны, высокие значения пористости, но при этом малый размер большинства пор, приводят к тому, что глинистые грунты относят к водоупорам. Поэтому, характеристика порового пространства глинистых грунтов и его изменение при различных внешних факторах представляется важнейшей задачей при их изучении. Для гидротермальных глинистых грунтов одним из определяющих факторов, который может оказывать влияние на их строение, состояние и свойства является присутствие высокотемпературного гидротермального флюида.

Для характеристики порового пространства глинистых грунтов применяется несколько показателей: общая, открытая, закрытая, активная и эффективная пористость. Под общей пористостью понимается все геометрическое пространство, занимаемое в грунте порами. К открытой пористости относятся поры, гидравлически связанные между собой и окружающей грунт средой. Закрытая пористость состоит из закрытых (изолированных) и не связанных между собой пор. Сумма открытой и закрытой пористости характеризует общую пористость грунта. Характеристика эффективной и активной пористости основывается на другом принципе. Под эффективной пористостью понимается часть порового пространства, по которой может происходить движение газа и жидкости в грунтах при определенном внешнем давлении или при определенном градиенте напора, то есть значение эффективной пористости – величина переменная, которая зависит от условий внешнего воздействия на породу. Значение эффективной пористости снижается с ростом внешнего давления или возрастает с увеличением градиента напора. В.И. Осипов, Ф.С. Карпенко и Н.А. Румянцева, развивая представления Б.М. Гуменского [1] о связанной воде в глинистых грунтах, предложили под активной пористостью понимать величину постоянную и определяемую как объем общей пористости за вычетом объема порового пространства, занятого адсорбционной водой [3].

Определение понятия активная пористость [по 3] основано на современных представлений о природе и свойствах физико-химически и физически связанной воды в глинистых грунтах. Так пленка связанной воды на поверхности и внутри разбухающих

глинистых минералов состоит из адсорбированных молекул воды (адсорбционная вода) и осмотической воды. Адсорбционная вода прочно связана с поверхностью минералов за счет водородных связей и образует тонкую пленку толщиной не более 2,5–5,0 нм. Она имеет специфическую структуру и свойства, не передает порового давления и удерживается в грунте даже при давлениях, достигающих 100 МПа и более, не участвует в электроосмотическом переносе влаги. Однако в условиях повышенной температуры (60–70°C) происходит разрушение ее структуры, и она переходит в свободную воду [2]. Осмотическая вода непосредственно не связана с минеральной поверхностью. Она формирует диффузную часть двойного электрического слоя частиц, где обменные катионы гидратируются молекулами воды за счет ионно-электростатических связей. Масса осмотической связанной воды, удерживаемой в грунте, определяется зарядом частиц, составом и концентрацией порового раствора, температурой и рядом других физико-химических факторов. Толщина пленки осмотической воды достигает 50–200 нм и более. Она передает поровое давление и, несмотря на повышенную вязкость, может отжиматься вместе с катионами при уплотнении породы или с ростом градиента напора [4].

Таким образом, контрастной особенностью адсорбционной воды является способность сохраняться на поверхности тонкодисперсных минералов и в межслоевом пространстве глинистых минералов в относительно широком диапазоне естественных условий, уменьшая объем пор на величину собственного объема. Количественное содержание адсорбционной воды зависит от кристаллохимических особенностей глинистых минералов, а у минералов смектитовой группы – еще и от состава катионов межслойного пространства. При этом известно, что предельное содержание адсорбционной воды соответствует показателю максимальной гигроскопической влажности грунта (W_{mg}), которая определяется при концентрации паров воды $P/P_s \approx 0,98$. Таким образом, зная величину W_{mg} можно легко определить величину активной пористости в грунте. Однако, как уже было сказано выше, необходимо учитывать, что толщина пленки адсорбционной воды зависит от температуры. С ростом температуры происходит разрушение ее структуры и при температуре 60–70°C структура пленки адсорбционной воды разрушается полностью, и она переходит в свободную воду.

Современные гидротермальные глинистые грунты – это образования, которые в природных условиях находятся при высоких температурах (до 100–105°C), такие грунты и являлись объектом данного исследования. Анализ результатов лабораторного изучения свойств гидротермальных глинистых грунтов, отобранных из шурфов на различных участках термальных полей Паужетско-Камбаного-Кошелевского геотермального района (юг полуострова Камчатка) показал, что образцы грунтов в среднем характеризуются высокими

значениями естественной влажности, которая убывает с глубиной от 116–84% в кровле (на глубине 0–2 м, зона сернокислотного выщелачивания) до 79–38% ближе к подошве (2–11 м) глинистой толщи (зона углекислотного выщелачивания) [5]. Плотность грунтов имеет тенденцию к увеличению с глубиной от 1,38–1,43 до 1,65–1,80 г/см³. Образцы характеризуются высокой общей пористостью (n), которая имеет тенденцию снижения с глубиной от 67–81 до 55–65%. Значения W_{mg} , которая определяется минеральным составом и дисперсностью грунтов, у образцов горизонта сернокислотного выщелачивания составляет 9–35%, а горизонта углекислотного выщелачивания – 25–65%, иногда до 75–80%. По полученным значениям была рассчитана величина активной пористости (n_a) образцов. Так для образцов горизонта сернокислотного выщелачивания при $n = 70–75\%$, $n_a = 45–67\%$, а для образцов горизонта углекислотного выщелачивания при $n = 58–62\%$, $n_a = 10–34\%$.

Из расчета значений активной пористости образцов гидротермальных глинистых грунтов видно, что она составляет 45–95% от их общей пористости, т.е. на эту величину проницаемость может снижаться от значений общей пористости, полученных стандартной методикой в лабораторных условиях. Однако, при этом необходимо учитывать, что если температура гидротермальных глинистых грунтов в естественном залегании выше 60–70°C, то значение активной пористости увеличится и станет близким к общей пористости. Т. е. при изменении температуры гидротермальных глинистых грунтов может существенно меняться их активная пористость, а, следовательно, и проницаемость, что может приводить к изменению других свойств грунтов.

Таким образом, проведенные исследования показали, что большинство гидротермальных глинистых грунтов характеризуются высокими значениями максимальной гигроскопической влажности. Оценка проницаемости глинистых грунтов можно проводить по показателю активной пористости, рассчитанного как объем общей пористости за вычетом объема порового пространства, занятого адсорбционной водой. Расчет показателя активной пористости глинистых грунтов можно проводить через показатель максимальной гигроскопической влажности, который достаточно просто определяется в лабораторных условиях. Также показано, что изменение температуры гидротермальных глинистых грунтов может вызывать изменения их активной пористости, что приводит к изменению их проницаемости. Так для горизонтов с преобладанием высокогидрофильных минералов (сметитов и смешанослойных минералов каолинит-сметит) изменение показателя активной пористости при увеличении температуры выше 60–70°C может составлять 50–95% от общей пористости. В данной работе не проводилась оценка влияния повышения температуры грунтов на изменения их микростроения (частиц глинистых минералов, их микроагрегатов и микростроения грунтов в целом), которое может

оказывать существенное влияние на их проницаемость. Стоит также отметить, что описанные процессы изменения активной пористости и микростроения с ростом температуры обратимые.

С практической точки зрения, описанные закономерности могут также приводить к изменениям физико-механических свойств гидротермальных глинистых грунтов, что может вызывать потерю устойчивости массивов, сложенных такими грунтами, и приводить к активизации склоновых процессов на термальных полях. Также полученные результаты могут помочь лучше понимать закономерности взаимодействия толщ гидротермальных глинистых грунтов с глубинным металлоносным флюидом.

Литература

1. *Гуменский Б.М.* Основы физико-химии глинистых грунтов и их использование в строительстве; Москва: Стройиздат, 1965. 255 с.
2. *Дерягин Б.В.* Поверхностные силы / Б.В. Дерягин, Н.В. Чураев, В.М. Муллер. М.: Наука, 1985. 398 с.
3. *Осипов В.И.* Активная пористость и ее влияние на физико-механические свойства глинистых грунтов / В.И. Осипов, Ф.С. Карпенко, Н.А. Румянцева // Геозкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2014. № 3. С. 262–269.
4. *Осипов В.И.* Глины и их свойства / В.И. Осипов, В.Н. Соколов. М.: ГЕОС, 2013. 576 с.
5. *Чернов М.С.* О формировании свойств современных глинистых грунтов гидротермального генезиса / М.С. Чернов, В.Н. Соколов, Р.М. Белобородов, О.В. Разгулина, В.В. Крупская, А.Р. Алёшин // Сергеевские чтения. Инженерная геология и геозкология. Фундаментальные проблемы и прикладные задачи. 18. РУДН, М.: 2016. С. 105–110.

ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ
ПРИРОДНЫХ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ МАССИВОВ КРИОЛИТОЗОНЫ,
СЛОЖЕННЫХ ГРУНТАМИ РАЗНОГО ГЕНЕЗИСА И СОСТАВА

В.А. Королев, М.А. Харькина, Ю.К. Васильчук

Эколого-геологические системы (ЭГС) являются основным объектом исследования экологической геологии [3]. Они состоят из абиотических и биотических компонентов. В ЭГС элементарного уровня в качестве абиотического компонента (биотопа) рассматриваются грунтовый массив (литотоп) и почвы (эдафотоп). Понятие литотопа объединяет состав и состояние грунтов, слагающих геологический массив, рельеф территории, подземные воды, геохимические, геофизические поля и современные эндо- и экзогенные процессы. В качестве биотических компонентов (биотопа) ЭГС выступают микробо-, фито- и зооценоз. В докладе рассмотрены основные особенности ЭГС природных континентальных массивов криолитозоны, сложенных грунтами разного генезиса и состава.

Особенности *литотопа* ЭГС континентальных массивов криолитозоны связаны с наличием льда, а также с широким спектром состава мерзлых грунтов от скальных до дисперсных [2]. По генезису массивы криолитозоны подразделяются на син- и эпикриогенные. Эпикриогенные массивы образуются при промерзании сверху, по составу это могут состоять как из скальных, так и дисперсных грунтов. Синкриогенные массивы грунтов образуются в процессе одновременного накопления осадков и перехода в многолетнемерзлое состояние, по составу это дисперсные грунты. Нарастание мощности синкриогенной толщи происходит вверх при переходе грунтов непротаявшего за лето деятельного слоя в многолетнемерзлое состояние. Для них характерно наиболее сложное строение и пространственное изменение состава и свойств. Для синкриогенных толщ характерна повышенная засоленность до 35 г/л морского хлоридного типа (песчаные грунты содержат солей в 2–8 раз меньше, чем глинистые) и повышенная льдистость. Отметим, что синкриогенные глинистые массивы характеризуются повышенной (по сравнению с эпикриогенными отложениями того же состава) льдистостью, относительно равномерным ее распределением по глубине, а также наличием погребенных льдов.

Геологические процессы многолетнемерзлых массивов как составной части литотопа ЭГС представлены криогенным выветриванием, термокарстом, пучением и другими процессами, образующими парагенетические ряды. Причиной массового появления термокарстовых озер, а в последующем при их спуске и аласов, является, в первую очередь, не повышение температур (потепление климата), а изменение водного баланса – от дефицитного к избыточному. Аласы имеют особое значение для развития биоты, именно там сосредоточено максимальное

количество видов живых организмов.

Особенности *эдафотона* ЭГС континентальных массивов криолитозоны обусловлены засоленостью почвообразующих грунтов, наличием значительного количества неразложившейся органики и гуминовых кислот, а также низкой биологической активностью. Для криогенных почв в пределах данных ЭГС характерны следующие особенности: 1) развитие процессов надмерзлотного оглеения, ожелезнения, вымораживания, переувлажнения верхних минеральных горизонтов (за счет мерзлого слоя, являющегося водоупором), кислая реакция; 2) незначительная мощность; 3) развитие процессов криотурбации и криометаморфзации; 4) наличие ледяных шлиров и включений; 5) низкая биологическая активность и плодородие; 6) специфическая динамика и ритмичность почвенных процессов.

За счёт высокой обводнённости почвы лишены кислорода, в результате формируются малопродуктивные глеевые почвы. На слабопроницаемых суглинистых отложениях развивается комплекс тундровых перегнойно-глеевых и тундровых глеевых почв, а на песчаных отложениях останцов морской террасы - тундровые подбуры. Мощность почв на песчаных и глинистых синкриогенных массивах небольшая и варьирует от 2 до 60 см. Отметим отдельно, что от периферии аласов к центральной части, занятой озером, формируются почвы разного состава, что связано с увеличением мощность органогенного горизонта А и повышением степени насыщения почвенной влагой. Наибольшее содержание гумуса и питательных для растений химических элементов характерно для луговых почв, размещенных в среднем поясе аласа.

Биотическая подсистема ЭГС (биоценоз) природных континентальных массивов криолитозоны представлена живыми организмами, способными переносить в течение длительного времени низкие температуры.

Важнейшими особенностями *микробоценозов* ЭГС криолитозоны являются: 1) уникальная способность многих бактерий-криофилов существовать и размножаться при температурах ниже 0°C; процессы метаболизма бактерий были обнаружены в мерзлых толщах при температурах около -20°C и даже ниже [1]; 2) наличие в глинистых мерзлых грунтах незамерзшей воды, которая способствует существованию в них микроорганизмов; 3) значительно более бедный видовой состав микроорганизмов и меньшая биомасса (по сравнению с микробоценозами других зон); 4) значительная доля низших грибов — микоценозов.

Характерной особенностью микроорганизмов криофилов является их способность к анабиозу. В арктических мерзлых грунтах среди сохранивших жизнеспособность бактерий преобладают неспорообразующие психротрофные формы.

Особенности *фитоценозов* ЭГС массивов мерзлых грунтов прежде всего определяются наличием многолетней мерзлоты и их тепло-, влагообеспеченностью, подчиняющейся широтной и высотной зональности. К характерным чертам растений криолитозоны относятся [2]: 1)

незначительное видовое разнообразие, преобладание низкорослых и стелящихся форм, развитие полидоминантных сообществ криофильных видов; 2) адаптация к низким температурам; 3) незначительная биомасса; 4) способность многих растений к анабиозу в фазе семян, спор и т.п.; 5) развитие поверхностной корневой системы, отсутствие глубоких корней; 6) наличие растений двух категорий – с чрезвычайно коротким (несколько недель) и многолетним вегетационным периодом; 7) образование специфических сообществ (полигонально-сетчатых, «островных» и т.п.); 8) наличие мохового покрова и лишайников у типичных тундр и кустарников – у южных тундр; 9) лабильность способов опыления, способность многих перекрестно-опыляющихся растений в холодные годы переходить к самоопылению; 10) значительная продолжительность сукцессий (1–3 тыс. лет).

Среди *растений* в криолитозоне выживают те, которые, имеют высокую холодостойкость, морозостойкость и неразветвленную поверхностную корневую систему. Многие доминантные растения тундр, как например пушица (*Eriophorum* sp.) имеют стелящуюся корневую систему [2]. За один сезон горизонтальные корневища этих растений, дающие 5–15 побегов, вырастают на 15–25 см. Вне области развития интенсивного термокарста распространены лесные массивы лиственницы, в которых обитают многие промысловые животные (соболь, белка, лось и др.).

Характерными чертами *зооценозов* криолитозоны являются: 1) незначительное видовое разнообразие; 2) адаптация животных-криофилов к низким температурам, растянутый (многолетний) жизненный цикл развития; 3) незначительная общая биомасса и биопродуктивность; 4) способность к анабиозу и зимней спячке (гибернации); 5) незначительное разнообразие подземных роющих животных; 6) резкие сезонные колебания численности многих позвоночных (особенно птиц и млекопитающих) за счет сезонной миграции [2]. Среди беспозвоночных *животных* преобладают насекомые в основном из отряда Жесткокрылых (*Coleoptera*). Для насекомых характерен анабиоз зимой и быстрое размножение летом.

Таким образом, все компоненты ЭГС массивов мёрзлых грунтов, как абиотические, так и биотические, обладают комплексом специфических особенностей, обусловленных влиянием мерзлоты, что необходимо учитывать при их систематике, характеристике, а также анализе экологических функций литосферы и при инженерно-экологических изысканиях.

Литература

1. Едидин Г.М., Брушков А.В., Игнатов С.Г. Филогенетический анализ микроорганизмов из мерзлых грунтов // Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. 2016. № 5. С. 92–95.

2. *Королев В.А., Трофимов В.Т., Васильчук Ю.К.* Эколого-геологические системы массивов мерзлых грунтов и их особенности // *Инженерная геология*. Том XVIII. № 1. 2023. С. 52–67.

3. *Трофимов В.Т.* Эколого-геологическая система, ее типы и положение в структуре экосистемы // *Вестник Московского университета. Серия 4. Геология*. 2009. № 2. С. 48–52.

ОСОБЕННОСТИ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ МАССИВОВ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ГРУНТОВ ЮЖНОЙ КАМЧАТКИ

В.А. Королев, Ю.В. Фролова

Массивы гидротермально-метасоматических грунтов, распространенные в пределах так называемых гидротермальных полей, характеризуются специфическими особенностями, которые являются определяющими для формирования и функционирования эколого-геологических систем (ЭГС) в их пределах. Напомним, что ЭГС представляет собой совокупность абиотических (литотопа и эдафотопа) и биотических (микробиоценоза, фито- и зооценоза) компонентов [4]. В докладе анализируются главные особенности ЭГС массивов гидротермальных грунтов на примере Южной Камчатки, в том числе – Восточно-Паужетского гидротермального поля.

Особенности литотопа ЭГС массива гидротермальных грунтов Восточно-Паужетского поля обусловлены сложным геологическим строением территории, представляющей собой посткальдерную вулканическую постройку четвертичного возраста с термальными полями. На данном поле преимущественно разгружаются среднекислые – слабощелочные воды, в результате чего слагающие их грунты, преимущественно андезиты, оказываются подвержены процессу аргиллизации [1]. В итоге этих процессов скальные породы превращаются в гидротермальные глины, аргиллиты, цеолитовые и аргиллизированные пропилиты и др. [5]. Кроме того, на площади термальных полей существенно меняется рельеф, происходит частичное опускание поверхности, возникают отрицательные формы рельефа – обширные эрозионные котловины. Причинами этих изменений являются эрозионные процессы в местах разгрузки термальных вод, сопровождающиеся выщелачиванием, изменением пористости, ослаблением прочности пород, а также развитием оползневых процессов и др.

Все эти особенности анализируемого литотопа безусловно сказываются и на формирующихся на них, как литогенной основе, эдафотопах и биотических компонентах.

Особенности эдафотопа ЭГС Восточно-Паужетского гидротермального поля заключаются в формировании на его территории гидротермально-измененных почв - термозёмов. В пределах Паужетской гидротермальной систем выделены три группы термозёмов, связанные с участками различной интенсивности гидротермального воздействия [2]: 1) *термозёмы на пирокластических субстратах* (без морфологически видимых признаков гидротермального изменения); 2) *термозёмы, частично преобразованные* гидротермальным процессом, формирующиеся в зоне слабого или умеренного воздействия; 3) *термозёмы на гидротермальных субстратах*, формирующиеся в зоне наиболее интенсивного гидротермального воздействия.

Особенности микробоценоза рассматриваемой ЭГС обусловлены влиянием геотермальных процессов на микробные сообщества, развивающиеся в её пределах. Давно было обнаружено, что в геотермальных источниках формируются специфические микробоценозы, для которых ведущими факторами являются температура и состав геотермальных растворов. При этом часто основную массу микробиоты составляют экстремофилы, образующие «микробные маты».

Особенности фитоценоза анализируемой ЭГС целиком определяются абиотическими факторами: аномалиями температурного поля, химизмом подземных вод, составом и свойствами грунтов и эдафотопов. В пределах фитоценоза данной ЭГС выявлены мхи, лишайники-термофилы (как, например, кладония вулканная – *Cladonia vulcani*), а также обнаружено 112 видов и подвидов сосудистых растений, относящихся к 91 роду и 38 семействам [3]. При этом в плане растительные сообщества отражают зоны тепло-влагообеспеченности данного гидротермального поля.

Зооценозы в составе ЭГС термальных полей по совокупности признаков (видовому составу и разнообразию, биомассе и др.) существенно отличаются от зональных и соседних сообществ. При этом формируется микропоясное строение зооценозов термальных полей, что соответствует скачкообразному характеру изменений комплекса абиотических факторов.

Таким образом, эколого-геологические системы, формирующиеся на массивах гидротермально-метасоматических грунтов, отличаются от окружающих рядом специфических особенностей, которые отражают влияние на них абиотических факторов, и прежде всего, своеобразного литотопа.

Литература

1. *Большаков И.Е.* Закономерности изменения состава и свойств андезитов и андезибазальтов на термальных полях Паужетско-Камбального района и массива Большой Семячик (Камчатка) // Автореф. дисс... канд. г.-м. н. М.: МГУ, 2023. 22 с.
2. *Гольдфарб И.Л.* Влияние гидротермального процесса на почвообразование (на примере Камчатки) // Автoref. дисс. ...канд. геогр. н. М., МГУ, 2005. 27 с.
3. *Самкова Т.Ю.* Влияние гидротермального процесса на растительность (на примере Паужетской гидротермальной системы Камчатки) // Автореф. дисс... канд. б.н. Петропавловск-Камчатский, 2009. 27 с.
4. *Трофимов В.Т.* Эколого-геологическая система, её типы и положение в структуре экосистемы // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2009. № 2. С. 48–52.
5. *Фролова Ю.В.* Формирование инженерно-геологических особенностей гидротермально-метасоматических пород (на примере Курило-Камчатской вулканической дуги) // Автореф. дисс. ... Докт. г.-м. н. М., МГУ, 2022. 34 с.

ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ МАССИВОВ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ГРУНТОВ

И.А. Родькина, В.А. Королёв

Выявлены особенности эколого-геологических систем (ЭГС) массивов загрязненных грунтов. При этом ЭГС рассматриваются как часть экосистемы, состоящая из абиотических компонентов (литотопа, гидротопа, эдафотопа как биокосного компонента) и биотических компонентов (микробо-, фито- и зооценоза) [2, 3]. Формирование загрязненных грунтов, как компонентов ЭГС, связано с процессами техногенной трансформации территорий при их освоении.

Особенности загрязненных грунтов, как компонентов ЭГС, зависят от вида и количества загрязнителя. Наиболее часто используемое и простое для восприятия деление загрязнителей основывается на их природе, т.е. все загрязняющие вещества можно поделить на неорганические, органические, радиоактивные и отдельной группой – биологические загрязнители [1]. Выделяется также смешанные (комплексные) загрязнители.

Загрязнение грунтового массива приводит к существенной трансформации всех компонентов ЭГС, как абиотических, так и биотических. Основные особенности ЭГС массивов загрязненных грунтов указаны в табл. 1.

Среди *абиотических компонентов* ЭГС трансформация *литотопа* при его загрязнении заключается в изменении химико-минерального состава грунтов, их структуры и, как следствие этого – изменение большинства свойств грунтов. Это в свою очередь может вызывать активизацию различных экзогенных процессов, сказываться на особенностях геохимических и геофизических полей в данном массиве.

Особенности эдафотопа при наличии в почвах загрязнителей сводятся к тому, что почвы за счет их влияния теряют свое плодородие, снижается их биологическая активность.

Особенности микробоценоза при наличии в грунтах загрязняющих веществ состоят в том, что разные группы микроорганизмов различным образом реагируют на загрязнитель. Это зависит вида и концентрации загрязнителя. Наряду с гибелью популяций микробных сообществ от загрязнений в грунтах могут оставаться и становиться преобладающей формой микробы, которые устойчивы к данному виду загрязнителя.

Особенности фитоценоза. За счет загрязнений снижается общая биомасса растений, уменьшается их видовое разнообразие. При загрязнении грунтов загрязняющие вещества способны накапливаться в тканях растений за счет процессов биопоглощения. Эта способность растений используется для фиторемедиации почв.

Особенности эколого-геологических систем массивов загрязненных грунтов

Особенности абиотических компонентов	Особенности биокосных и биотических компонентов			
	литотопа	эдафотопа	микробоценоза	фитоценоза
1. Наличие геохимических полей загрязнений и аномалий 2. Изменение структуры и свойств загрязненных грунтов 5. Наличие загрязненных подземных вод 7. Специфический парагенез ЭГП, в т.ч. вызванный загрязнением	1. Наличие загрязненных почв 2. Снижение почвенного плодородия 3. Формирование кислотно-основной буферности почв за счет загрязнения 4. Снижение биологической активности почв	1. Снижение видового разнообразия и плотности популяций микроорганизмов 3. Пониженная биомасса микробных сообществ 4. Наличие устойчивых к загрязнителю форм микробов	1. Снижение видового разнообразия и биомассы растений 2. Наличие видов и форм растений, устойчивых к загрязнителю 3. Общее угнетение растительности в корнях и листьях растений загрязнителя	1. Снижение видового разнообразия и биомассы животных 2. Наличие видов и форм животных, устойчивых к загрязнителю или с отсроченной негативной реакцией на загрязнитель 3. Общее угнетение зооценоза 4. Накопление в организмах животных загрязнителя

Особенности зооценоза. Загрязнения также снижают биомассу и биоразнообразие животных, происходит угнетение зооценоза. Вещества загрязнителей могут поступать в живые организмы и накапливаться в них, вызывая в ряде случаев интоксикацию. Кроме этого, загрязнители могут подавлять активность биоты в грунтах, включая почвы, вызывая, таким образом, угнетение зооценозов и снижение биоразнообразия.

Таким образом, выявленные общие особенности эколого-геологических систем массивов загрязненных грунтов заключаются в сложном взаимодействии и взаимном влиянии компонентов ЭГС друг на друга, при этом негативное влияние компонентов суммируется, приводя к кумулятивному или синэргетическому эффекту.

При рассмотрении существующей или возможной трансформации природной ЭГС при загрязнении грунтов необходимо учитывать:

- 1) особенности литотопа, к которым относится наличие тех или иных геохимических полей загрязнений и их аномалий, изменение структуры и свойств загрязненных грунтов, наличие загрязненных подземных вод, специфический парагенез ЭГП и т.д.;

- 2) особенности эдафотопы – наличие загрязненных почв, снижение почвенного плодородия, возможное формирование кислотно-основной буферности почв за счет загрязнения, снижение биологической активности почв и т.д.;
- 3) особенности биоценозов – снижение видового разнообразия и биомассы микро- и макроорганизмов, наличие видов и форм, устойчивых к загрязнителю или с отсроченной негативной реакцией на загрязнитель, общее угнетение, накопление в тканях живых организмах загрязнителя.

Указанные особенности следует иметь в виду при проведении эколого-геологических исследований на территориях данных ЭГС, а также при инженерно-экологических изысканиях.

Литература

1. *Королев В. А.* Очистка и восстановление геологической среды / Учебное пособие для вузов. М.: ООО Сампринт, 2019. 430 с.
2. *Королев В.А., Трофимов В.Т.* К построению общей классификации континентальных эколого-геологических систем // Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. 2022. № 1. С. 54–61.
3. *Трофимов В.Т.* Эколого-геологическая система, ее типы и положение в структуре экосистемы // Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. 2009. № 2. С. 48–52.

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПЛЕНОК НА ФИЗИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ

С.Д. Балыкова, Е.Н. Самарин, А.К. Петрова

Состав и строение поверхностных пленок влияют на многие физические, физико-механические, физико-химические и другие свойства песков, нередко определяя их пригодность для тех или иных промышленных целей. Исследование влияния пленок на состав и свойства песков помимо практического значения представляет и теоретический интерес. Сведений о том, каким образом и, в какой степени, это влияние проявляется, очень мало. Чаще всего рассматриваются условия формирования пленок, их состав, типы и характер взаимодействия с поверхностью песчаной частицы [1–4]. Влияние пленок на свойства песков в большей степени исследовалось при изучении упрочнения со временем намывных грунтов, влияния их на сорбционную способность по отношению к тяжелым металлам, а также при их закреплении различными вяжущими. В двух последних случаях пленки на поверхность песчаных зерен чаще всего наносились искусственным путем.

Исследования проводились на природных песках эолового, аллювиального, пролювиального и флювиогляциального генезисов, отличающихся гранулометрическим составом, морфологией частиц, составом поверхностных пленок. Минеральный состав песков преимущественно кварцевый, у 2-х образцов – полевошпатово-кварцевый¹. Все эксперименты проводились на песках в воздушно-сухом состоянии.

Удаление пылевато-глинистых пленок осуществлялось по методике П.А. Земятченского – кипячение пробы с аммиаком в течение 2 часов с последующей ее отмывкой водой от пылевато-глинистых частиц. Далее определялся минеральный состав выделенных при отмывке пылевато-глинистых частиц методом рентгеноструктурного анализа. Удаление железистых пленок осуществлялось с помощью одно- или многократного нагревания пробы до 40–50°C в течение 20–30 минут в 5-и % растворе соляной кислоты с дальнейшей промывкой водой.

Все изученные образцы песков характеризуются наличием на зернах поверхностных пленок: силикатных, железистых, карбонатных и смешанных. Эти пленки распределены на зернах неравномерно как по всей поверхности, так и пятнами, в ямках и бороздах. Различна их

¹ Исследования минерального состава и морфологии песчаных зерен выполнены с использованием оборудования, приобретённого в рамках реализации Программы развития Московского университета (растровый электронный микроскоп LEO 1450VP, оснащённый энерго-дисперсионным спектрометром INCA Energy 300; рентгеновский дифрактометр ULTIMA-IV).

толщина. Результаты изучения поверхности песчаных зерен с помощью энерго-дисперсионного спектрометра, а также химического состава фильтрата показали, что в составе всех пленок присутствует Fe_2O_3 , глинистая составляющая разного состава, иногда MnO_2 . Остальные окислы играют второстепенную роль. В ряде случаев общее содержание Fe_2O_3 достигает 45–51%. Присутствует железо преимущественно в форме свободной гидроокиси, давая ряд минералов (гематит, гетит).

Внешний вид зерен некоторых из исследованных песков представлен на рис. 1.

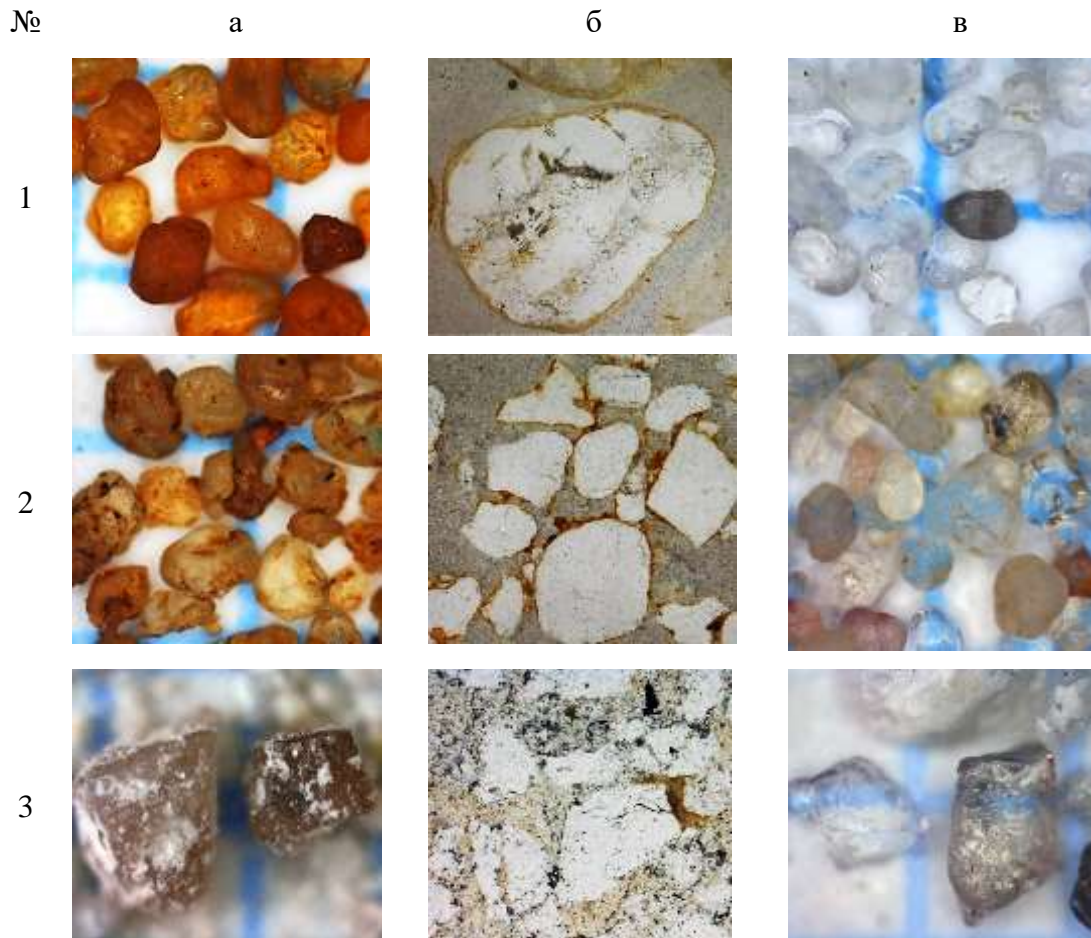


Рис. 1. Фотоизображения зерен песков (одно деление клетки соответствует 1 мм): а – исходный, б – шлиф, в – после удаления пленки. 1 – v III, тукулан Махатта, Якутия; 2 – f, lg II, Моск. обл.; 3 – p H₁, Якутия

Потеря веса пробы в результате удаления поверхностных пленок составила 3–35%. Для ряда песков флювиогляциального генезиса и особенно эловых, отобранных в субтропических пустынях, даже пятикратной обработки соляной кислотой недостаточно для полного удаления железистых пленок.

Сохранение желтой, коричневой окраски зерен после кипячения с соляной кислотой говорит о толщине железистой пленки и силе ее связи с поверхностью частицы. Наименее очищенными оказались эоловые пески субтропических пустынь (Оман и Сахара) и флювиогляциальные пески. В первом случае железистые пленки – результат образования «пустынного загара», пленок, состоящих из оксидов железа, иногда марганца, иногда карбонатов, с примесью глинистого материала. Во втором – также химического и физического выветривания обломков магматических и метаморфических пород в процессе их переноса и последующего диагенеза.

Практически полностью очистились поверхности у эоловых песков, отобранных на тукулане Махатта, и аллювиального. В первом случае формирование железистых пленок осуществлялось при фильтрации межмерзлотных вод, насыщенных оксидами железа, во втором – пленки тонкие, прозрачные, покрывают не всю поверхность зерен.

Плотностные показатели песков после удаления с поверхности зерен пленок как глинистых, так и железистых изменились. Существенные изменения в сторону увеличения коэффициентов пористости и в рыхлом и в плотном сложениях произошли у песков с плотными исходными «рубашками», и у которых зерна характеризуются невысокой степенью окатанности и угловатостью. В большей степени снизились коэффициенты пористости у песков, у которых были удалены и глинистые и железистые пленки.

Уплотняемость песков после удаления и глинистых, и железистых пленок в целом уменьшилась, что связано с сокращением разницы в плотностях песков в рыхлом и плотном сложениях, вызванной снижением сил трения-зацепления между песчаными зернами. Однако, наличие корреляционной связи между плотностными показателями песков и неоднородностью грансостава и морфологическими признаками зерен, а также исследования, проведенные с образцами, сложенными преобладающей фракцией, показали доминирующее влияние на свойства песков неоднородности их гранулометрического состава.

После удаления всех поверхностных пленок углы естественного откоса и внутреннего трения практически во всех песках уменьшились. Наибольшие изменения произошли у песков с плотными исходными силикатно-железистыми пленками. При этом прочностные показатели у большинства измененных песков стали близки, что говорит о действительном влиянии на них глинистых и железистых пленок на поверхности их зерен. После удаления пленок большую роль начинают играть неоднородность грансостава песков и морфология зерен.

Удаление глинистых и железистых пленок с поверхности зерен песков привело к снижению их адсорбционной способности, в частности уменьшению в первом случае W_g на 20–100%, W_{mg} – на 9–77%, во втором – на 22–93% и 2–92%, соответственно. Наибольшее снижение

произошло в песках с исходными плотными, многослойными пленками железисто-марганцевого, железисто-карбонатно-глинистого состава.

В целом, можно отметить, что в меньшей степени удалось зафиксировать влияние поверхностных пленок на свойства песков в случае высокой неоднородности их гранулометрического состава, в том числе за счет присутствия крупной фракции и особенно – пылевато-глинистых частиц в количестве более 10%. Это обстоятельство необходимо учесть при дальнейших исследованиях.

Проведенные исследования явились начальным этапом работ по изучению состава аутигенных пленок природных песков и их влияния на свойства последних. Полученные результаты помогут скорректировать подходы к подбору объектов исследования, методики удаления пленок и изучения их химико-минерального состава, определения морфологических параметров зерен песков для всей совокупности образца, а не отдельных фракций, что позволит получить более корректные зависимости.

Литература

1. *Барац Н.И., Нестеров А.С.* Применение намывных песков в качестве искусственного основания в г. Омске // *Техника и технологии строительства*. 2015. № 4(4). С. 50–57.
2. *Коновалов П.А., Кушнир С.Я.* Намывные грунты как основания сооружений. М.: Недра, 1991. 256 с.
3. *Цехомский А. М.* Вопросы генезиса и распространения кварцевых маложелезистых песков // *Геология рудных мест-ий*. 1959. № 4. С. 90–102.
4. *Цехомский А.М., Карстенс Д.И.* Кварцевые пески, песчаники и кварциты СССР. Л.: Недра, 1982. 158 с.

ОСОБЕННОСТИ МИКРОСТРОЕНИЯ ДИСПЕРСНЫХ ГРУНТОВ, ЗАКРЕПЛЕННЫХ ХИМИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ

Е.Н. Самарин, Н.А. Ларионова, М.С. Чернов, В.Н. Соколов, А.П. Пензев

Вопрос трансформации микростроения является наиболее проблемным в теории целенаправленного позитивного изменения состояния, структуры и свойств дисперсных грунтов. С одной стороны, этот факт обусловлен существенной неопределенностью в описании механизмов твердения химических вяжущих, а, с другой – недостаточной приборной базой, что существенно ограничивает получение новых экспериментальных данных.

Впервые вопрос формирования различного типа структур при твердении растворов, приготовленных на основе вяжущих материалов различной химической природы был затронут С.Д. Воронкевичем. Им были выделены: структуры взаимопроростания кристаллов – для гидравлических вяжущих, коагуляционные структуры – возникающие при твердении неорганических суспензий, поликонденсационные – образующиеся при силикатизации и смолизации грунтов [1]. Несмотря на это дальнейшего развития этот вопрос не получил и по инерции структуры цементного камня начали ассоциироваться со структурами грунтов, проинъецированных химическими растворами вяжущих веществ. Например, пескам после обработки раствором жидкого стекла обычно присваивается конденсационная структура и т. д. Тем не менее количество цемента, которое образуется после твердения инъекционного раствора не превышает первых процентов от массы твердого компонента, и, следовательно, структура так и остается обломочной, меняется только тип цемента. Накопленный нами материал позволяет в настоящий момент сделать некоторые обобщения по затронутому вопросу.

Поверхностная цементация грунтов предполагает перемешивание грунта с цементом с последующим уплотнением при оптимальной влажности. Согласно современным представлениям (Волженский, 1986) при недостатке воды результатом гидролиза частичек портландцемента являются гелевидные гидросиликаты кальция типа C_3SH и CSH , образующиеся как продукты первичной гидратации клинкера в контурах первичных зерен, и третичные (внешние) гидросиликаты кальция состава $C_{(1,5-2)}SH_2$, возникающие в пространстве между зернами за счет продиффундировавшими сюда продуктов гидролиза, а также выделение кристаллов $Ca(OH)_2$ и этtringита.

В результате в зависимости от дозировки на поверхности агрегатов и/или частиц дисперсных грунтов формируется сплошная или лоскутная гелевидная цементирующая масса с более или менее выраженной щеткой игольчатых кристаллов, количество и состав которых варьирует от используемых минеральных добавок, как-то: золы уноса, ускорители или замедлители схватывания, пептизирующие добавки, инертные наполнители и т.д.

Микроструктура грунта в зависимости от количества продуктов гидролиза - главным образом третичных гидросиликатов кальция – может варьировать от скелетной до псевдоглобулярной, вид цемента – «рыхлый» пленочный кристификационный или контактный [2].

В результате инъекционной обработки песков растворами жидкого стекла/коллоидного кремнезема происходит заполнение порового пространства раствором вяжущего, который по истечении индукционного периода твердеет по механизму аддитивной поликонденсации – за счет увеличения размеров полианонов кремнекислоты вследствие адсорбции мономерных молекул до тех пор, пока не образуется сетчатый каркас, ячейки которого заполнены иммобилизованной жидкостью. Особенности гелеобразования выражены в мелкоглобулярной структуре геля, который в зависимости от концентрации кремнезема в инъекционном растворе может в виде пленки покрывать поверхность минеральных зерен и агрегатов дисперсных грунтов - «рыхлый» пленочный кристификационный цемент, либо более-менее равномерно заполнять поры грунта – цемент заполнения пор [2]. В первом случае в пылеватых грунтах сохраняется скелетная микроструктура, а для песков она формируется заново, во втором - образуется матрично-скелетная микроструктура.

Смолизация дисперсных грунтов как правило реализуется посредством инъекции достаточно концентрированных растворов органических олигомеров (концентрация вяжущего в пересчете на сухое вещество может достигать 20%). Наиболее часто применяемые смолы – карбамидная и фенопластовая твердеют по механизму сополиконденсации под действием кислых отвердителей, эпоксидные смолы – сополиконденсации с полиаминами, выполняющими одновременно роль катализаторов и сшивающих агентов. Высокая концентрация вяжущих обуславливает высокую степень заполнения порового пространства гелем после твердения инъекционного раствора, в связи с чем формируется цемент заполнения пор или даже – базальный неравномерно распределенный [2]. Микроструктура грунтов в подавляющем числе случаев переходит в скелетно-матричную.

Литература

1. Техническая мелиорация пород /Под ред. С.Д. Воронкевича. М., Изд-во МГУ, 1981, 342 с.
2. Фролов В.Т. Литология. Кн. 2: Учеб. пособие. М.: Изд-во МГУ, 1993, 432 с.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ГОРОДСКИХ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А.Д. Жигалин, М.А. Харькина, Е.В. Архипова

Эколого-геологической система (ЭГС) представляет собой объем геологического пространства: литосферы и связанными с ней биосферой и человека в составе организованного социума. Выделяются четыре типа эколого-геологических систем: природная идеальная, природная реальная, природно-техническая идеальная и природно-техническая реальная системы.

Городские поселения – это места компактного проживания и жизнедеятельности социумов и относятся к категории территорий высокого потенциального риска.

Как природно-техническая эколого-геологическая система город представляет собой обширную мультианомалию. Город является источником энергии (физический фактор) и производителем вещественного компонента (химический и биологический факторы).

В городах источники энергии и обращающиеся массы химического и биологического вещества близко соседствуют с местами компактного проживания и трудовой деятельности населения. При изучении городских ЭГС рассматриваются абиотические компоненты, характеризующие геологическую среду, и биотический её «заполнитель» в нижнем и верхнем полупространствах. Основными критериями оценки являются степень устойчивости абиотической составляющей системы и приспособляемость (выживание) биотического компонента, включая животный мир, растительность и социум. Особо следует отметить, что в городских ЭГС нарушается круговорот вещества и энергии, присущий природным эколого-геологическим системам, а также особо заметное техногенное воздействие (рис. 1).

При воздействии, варьирующем от слабого до опасного,

-экологическое состояние среды изменяется от нормы до бедствия,

-условия жизнедеятельности от комфортных до опасных,

-состояние здоровья населения от здорового до болезни.

Общую картину состояния городской среды можно представить по критериям через экологические функции.

Таким образом, основные усилия в градостроительной инженерной и социальной политике должны быть направлены на поддержание баланса в круговороте вещества и энергии городских эколого-геологических система. Достижение такого баланса возможно, если объединить усилия специалистов разного профиля, например, на платформе геофизической урбоэкологии (или других подобных формах сотрудничества) с целью улучшения качества жизни в наших городах

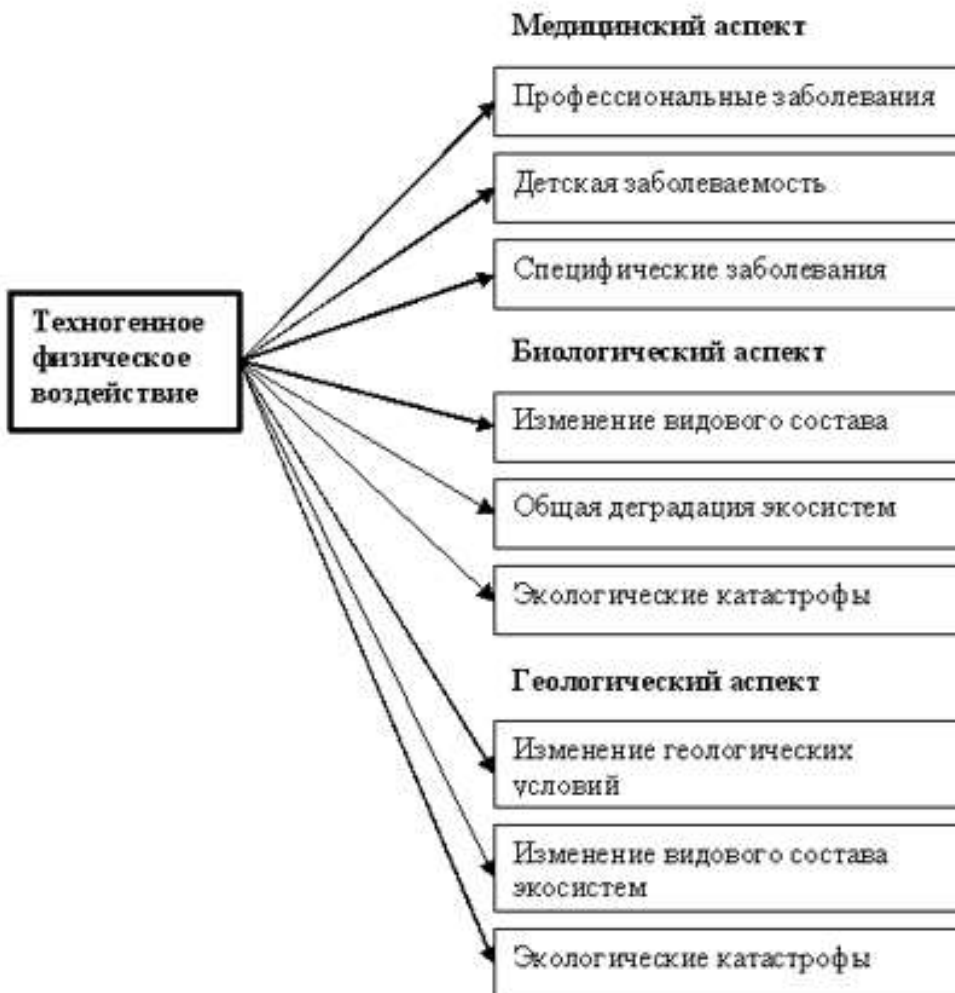


Рис. 1. Виды природного и техногенного воздействия в городах и его последствия

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Т.И. Аверкина

Глинистые грунты часто выступают в качестве фактора, осложняющего условия строительства и эксплуатации инженерных сооружений. Для изучения закономерностей их пространственного распределения на территории России составлены две обзорные карты масштаба 1:20 000 000. На первой выделены ареалы распространения дочетвертичных формаций, включающих глины, на второй – территории распространения стратиграфогенетических комплексов четвертичных отложений, содержащих глинистые грунты. При составлении карт были использованы листы Государственной геологической карты России масштаба 1:1 000 000 (второго и третьего поколений) и масштаба 1:2 500 000, опубликованные на сайте Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А.П. Карпинского [1–3].

Особенности распространения дочетвертичных глинистых грунтов

Основные площади распространения глинистых грунтов дочетвертичного возраста приурочены в России к древней Восточно-Европейской и молодым Скифской, Тимано-Печорской и Западно-Сибирской платформам (плитам). За Уралом значительная часть глин находится в многолетнемерзлом состоянии.

Дочетвертичные глинистые грунты наиболее широко представлены в континентальных и морских терригенных сероцветных и красноцветных формациях, иногда угленосных и молассовых, а также карбонатно-терригенных и терригенно-карбонатных, кремнисто-терригенных и терригенно-кремнистых, реже и в меньшем объеме в других типах формаций. В возрастном отношении это преимущественно отложения мезо-кайнозойские, реже палеозойские и более древние.

В пределах горно-складчатых сооружений глинистые отложения в небольшом объеме можно встретить во впадинах, где скапливаются продукты разрушения окрестных хребтов (молассы). В возрастном отношении это чаще всего молодые мезо-кайнозойские образования. В мезозойских толщах глины обычно слагают небольшие прослои в более литифицированных и сцементированных обломочных породах, в кайнозойских молассовых формациях глинистая составляющая более значительная.

Особенности распространения четвертичных глинистых грунтов

На территории России можно встретить практически все существующие генетические типы четвертичных глинистых отложений. Основные регионы их распространения – платформы европейской части (Восточно-Европейская, Тимано-Печорская, Скифская), а также

Западно-Сибирская и Яно-Колымская плиты.

В северных и центральных районах древней Восточно-Европейской платформы верхняя часть разреза выполнена плейстоцен-голоценовыми отложениями ледникового комплекса. Возраст данных отложений, выходящих на поверхность, омолаживается в направлении с юго-востока на северо-запад. Глинистые грунты обычно входят в состав собственно ледниковых (моренных) и лимногляциальных (озерно-ледниковых) образований.

За пределами ледниковой зоны глинистые отложения представлены в озерно-аллювиальных, озерно-аллювиально-морских, морских и элювиально-делювиальных геолого-генетических комплексах.

Практически на всех реках региона можно встретить глинистые грунты в составе аллювиальных, а в дельтах рек – аллювиально-морских комплексов. С северо-запада на юго-восток по мере уменьшения количества ледников, прошедших через территорию, на реках увеличивается количество террас.

Молодая Западно-Сибирская плита – второй регион широкого распространения четвертичных глинистых грунтов, которые входят в состав морских, ледниковых, озерно-ледниковых, озерно-аллювиальных, аллювиальных и элювиально-делювиальных геолого-генетических комплексов. Следует отметить, что в последние годы была существенно изменена трактовка генезиса новейших отложений в северной половине плиты. В частности, на современных картах масштаба 1:1 000 000 значительно сокращена площадь развития отложений ледникового комплекса.

Севернее широтного отрезка р. Оби грунты на отдельных участках Западно-Сибирской плиты находятся в многолетнемерзлом состоянии, к северу площадь таких участков увеличивается, а за полярным кругом они имеют практически сплошное распространение.

Литература

1. Геологическая карта России и прилегающих акваторий масштаба 1: 2 500 000, 2016 г.: <http://www.vsegei.ru/ru/info/atlas/geol/GeologicalMap16-preview.jpg> (даты обращения: сентябрь – декабрь 2022)
2. Карта четвертичных образований территории Российской Федерации масштаба 1:2 500 000. Санкт-Петербург, 2013. <http://www.vsegei.ru/ru/info/quaternary-2500> (даты обращения: январь–март 2023).
3. Листы Государственной геологической карты (Карты четвертичных отложений) масштаба 1:1000 000 2-го и 3-го поколений <http://webmapget.vsegei.ru/index.html> (даты обращения: январь–март 2023).