

УДК 624.131

Оценка причин деформаций сооружений, возведенных на техногенных грунтах Абаканской агломерации

Д.Ю. Сагалаков^{a, b}, Л.А. Строкова^a^a Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30. E-mail: sla@tpu.ru^b Общество с ограниченной ответственностью «Экспертиза Недвижимости»
655009, Россия, г. Абакан, ул. Мартьянова, 24. E-mail: sagalakov_d@mail.ru

(Статья поступила в редакцию 29 ноября 2024 г.)

Строительство сооружений на техногенных грунтах в пределах Абаканской агломерации сопровождается деформациями и аварийными разрушениями. Обобщение результатов инженерных изысканий, обследований технического состояния сооружений и разработка карты инженерно-геологического районирования территории позволят оптимизировать строительное освоение городских территорий, разработать надежные схемы инженерной защиты от проявлений опасных инженерно-геологических процессов. Целью работы является объяснение причин деформаций сооружений, построенных на техногенных грунтах. Методы исследования: сбор, систематизация и анализ имеющихся территориальных геологических сведений и результатов инженерных изысканий. Рассмотрены условия, природные и техногенные факторы формирования и развития деформаций. Анализ собранных данных позволил установить региональные особенности компонентов природно-техногенной среды, что станет основой для зонирования территории в целях строительного освоения и инженерной защиты.

Ключевые слова: инженерно-геологическое районирование, опасные инженерно-геологические процессы, техногенные грунты, деформации.

DOI: 10.17072/psu.geol. 24.1.32

Введение

В связи с повсеместным распространением техногенных грунтов в границах Абаканской агломерации вопрос об их изучении стоит особо остро. Недостаточное изучение техногенных грунтов в пределах предполагаемой глубины сжимаемой толщи сферы взаимодействия фундаментов и грунтов основания иногда приводит к принятию неверных и нерациональных решений по устройству. Результатами таких решений являются недопустимые и неоднородные деформации грунтов основания, что приводит к деформированию конструкций зданий и сооружений. Под техногенными авторами понимают грунты, измененные, перемещенные или заново образованные в результате инженерно-

хозяйственной деятельности человека (Вознесенский, 2019).

Вопросы классификации техногенных грунтов рассмотрены в работах Е.М. Сергеева (1957); Ф.В. Котлова (1962); М.И. Хазанова (1975); А.М. Худайбергенова (1980); А.П. Афолина и др. (1990); Р.С. Зиангирова, В.Т. Трофимова (1995); Е.Н. Огородниковой, С.К. Николаевой (2004); В.Т. Трофимова, В.А. Королева, Е.А. Вознесенского и др. (2005), А.А. Каздым (2014); Е.А. Вознесенского (2019); Н.В. Абакумовой, С.К. Николаевой, Е.Н. Самарина (2021). Вопросами проектирования и строительства зданий и сооружений на техногенных грунтах занимались такие ученые, как Ю.М. Абелев, В.И. Крутов (1962, 1988); А.Б. Пономарев, А.В. Захарова (2013).

© Сагалаков Д.Ю., Строкова Л.А., 2025



Эта работа лицензирована в соответствии с CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, посетите <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Использование промышленных отходов для устройства оснований зданий и сооружений рассмотрено в работах О.А. Савинова (1949), Ю.М. Лычко (1982), В.И. Каминской (2011), Н.А. Ларионовой (2017). В работе А.Б. Пономарева и А.В. Захарова (2014) осуществлен ряд прогнозных геотехнических расчетов для моделирования осадок грунтового основания в период строительства жилого комплекса. Обсуждаются способы контроля и оценки осадок и деформаций зданий и сооружений.

В исследованиях Ф.В. Котлова (1947), А.А. Каздыма (2007), Д.Ю. Здобина (2008), В.М. Улицкого и др. (2010), Е.М. Пашкина (2013) представлены подходы по типизации, литогеохимическим особенностям культурного слоя, моделированию напряженно-деформированного состояния грунтовых оснований исторической застройки.

Отдельные исследования посвящены (Гальперин, 2006; Викторова, 2007) проблемам формирования городских свалок различных видов. Рассмотрены основные направления складирования и переработки отходов, принципы экспертных оценок и классификации свалок, а также различные аспекты экологически безопасного формирования этих специфических техногенных массивов.

Сведения об особенностях формирования, состава, строения и свойств техногенных отложений разных регионов нашей страны приводятся в работах Ф.В. Котлова (1962), В.И. Осипова и др. (1997), И.Н. Смирнова и др. (2024) для Москвы; Л.П. Норовой, Т.Н. Николаевой (2014), М.А. Карасева и др. (2023) для Санкт Петербурга; А.Ю. Герасимова и др. (2024) для Краснодарского края; Н.И. Жарковой и др. (2013) для Казани; С.А. Сазоновой, А.Б. Пономарева А.В. Захарова и др. (2013, 2014), И.С. Копылов (2022) для Перми; А.С. Шешнёва и др. (2013) для Саратова; Н.В. Осинцевой, Н.С. Евсейвой (2012) для Томска; Т.Г. Константиновой, И.Ф. Делемень (2013) для Петропавловска-Камчатского; В.Н. Макарова, Н.В. Торговкина (2018) для Якутска.

Цель исследования – рассмотреть условия, природные и техногенные факторы формирования и развития деформаций зданий и сооружений, возведенных на техногенных грунтах территории Абаканской

агломерации, что станет научной основой для их мониторинга и управления.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- 1) анализ отечественного и зарубежного опыта строительства и эксплуатации сооружений на техногенных грунтах;
- 2) сбор, систематизация и анализ имеющихся территориальных геологических, гидрогеологических сведений, результатов инженерных изысканий;
- 3) установление причин деформаций.

Методы исследования. Для решения поставленных задач в работе применены методы анализа и обобщения литературных источников, статистические методы обработки данных, полевые исследования грунтовых массивов, обследование технического состояния фундаментов и конструкций.

Научная значимость исследования заключается в получении новых результатов (новых знаний) о пространственной дифференциации распространения и особенностях техногенных отложений района исследования. Практическая значимость заключается в использовании результатов в целях строительного освоения территории.

Исследование проведено осенью 2024 г. в отделении геологии ТПУ, включало анализ литературных и фондовых материалов об инженерно-геологических изысканиях и работ по обследованию строительных конструкций, выполненных при участии Д.Ю. Сагалакова за период с 2012 по 2024 г. В рамках работ по изучению грунтов Абаканской агломерации были собраны и обобщены данные по 63 объектам, имеющим в основании техногенные грунты.

Аварийные деформации зданий и сооружений, построенных на техногенных грунтах Абаканской агломерации

Холодный склад по адресу: Республика Хакасия, Алтайский район, в 350 м правее автодороги Абакан-Саяногорск, 15 км+800 м

Здание склада, вертолетная площадка, а также элементы благоустройства получили деформации в виде трещин до в процессе уплотнения грунтов основания (рис. 1). Техногенные грунты вскрыты повсеместно и залегают мощностью более 18,0 м.



Рис. 1. Холодный склад (в 350 м правее автодороги Абакан-Саяногорск, 15 км+800 м): а – общий вид, б – деформация стен здания

Грунты, представленные разнородным материалом – от крупнообломочных до глинистых грунтов, появились после отсыпки вскрышной породой из угольного карьера в отвалы данной территории более 20 лет назад, по продолжительности самоуплотнения – слежавшиеся. Однако в процессе проходки выработок были обнаружены полости (трещины до 1–2 см) в толще грунтов, это свидетельствует о том, что процесс самоуплотнения и консолидации не завершен. Техногенные насыпные песчаные грунты образованы в процессе выветривания песчаников. Процесс выветривания еще не завершился, имеется большое количество включений литифицированных осадочных пород. В процессе выветривания происходит разрушение скальных (полускальных) осадочных пород до мелкодисперсной фракции, заполняя пустоты в грунтовой толще, образованные в процессе отсыпки отвалов, далее происходит осадка грунтового массива от собственного веса грунта. Насыпные песчаные грунты неоднородные, в процессе ин-

тенсивной инфильтрации воды через тело насыпи существует опасность суффозионного выноса мелкой фракции из грунтового массива и, как следствие, дополнительной осадки грунта.

Данные грунты в качестве грунтов основания без разработки специальных мероприятий (прорезка насыпных грунтов, устройство перекрестных лент, плитного фундамента) для стабилизации неравномерных деформаций не допускаются.

Операторная, сервисное здание с автомойкой многотопливной автозаправочной станции с пунктом автосервиса по адресу: г. Абакан, ул. Набережная, 06, Лит. В

По результатам проведенного обследования фундаментов и грунтов основания в 2024 г. было установлено, что грунтами основания являются техногенные насыпные грунты, представленные галечниковыми грунтами с глинистым заполнителем (рис. 2).



Рис. 2. Операторная, сервисное здание с автомойкой многотопливной автозаправочной станции с пунктом автосервиса (г. Абакан): а – обмеры фундамента, б – деформации фундаментов

Мощность техногенных грунтов в пределах сжимаемой толщи основания фундаментов составила 0,5–0,6 м. Здание получило деформации стен и фундаментов в виде раскрытия трещин до 5 мм. В процессе проходки шурфа в районе деформированного участка здания установлено, что фундаменты здания ленточные из сборных бетонных блоков. Фундамент также получил деформации в виде раскрытия трещин. Одной из возможных причин деформаций сооружения является замачивание грунтов основания из коммуникаций сточных вод, что привело к ухудшению прочностных и деформационных свойств грунтов основания.

Помещение выставочного зала музея Мартьянова в г. Минусинск

По результатам инженерно-геологических изысканий, проведенных в 2021 г., установлено, что фундаменты здания мелкозаглублённые сборные ленточные (рис. 3). Ранее производились работы по их усилению, однако они выполнены не качественно. По данным вскрытия шурфов установлено, что усиление выполнено не в полном объеме: техногенный глинистый грунт с включением строительного мусора не был замещен полностью. Техногенный грунт представлен смесью глинистых грунтов со строительным

мусором, мощностью 0,8 м, имеет различные деформационные характеристики, а в период промерзания-оттаивания обладает пучинистыми свойствами. К тому же подстилающими грунтами являются глинистые грунты, которые также обладают пучинистыми свойствами. В процессе усиления не были выполнены теплоизоляционные мероприятия. В результате стены здания получили деформации в виде раскрытия трещин более 3,0 см.

Нежилое здание, расположенное по адресу: г. Минусинск, ул. Красноармейская, 2, лит. В5, лит. В6

По результатам проведенных исследований в 2019 г. установлено, что грунтовое основание представлено разными напластованиями с различными физико-механическими характеристиками (рис. 4). Вблизи осей 9–12 грунтами основания являются пески от пылеватых до мелких, степень плотности средняя, а вблизи осей 2–4 грунтами основания являются техногенные грунты, представленные разнородным составом (шлак, ПРС, строительный мусор), далее подстилаются песками от пылеватой до мелкой фракции со степенью плотности от рыхлой до средней. Глубина заложения фундаментов неодинакова (рис. 5).



Рис. 3. Выставочный зал музея Мартьянова в г. Минусинск: а – общий вид, б – деформированный участок стены, в – шурф вблизи деформированного участка стены



Рис. 4. Нежилое здание, расположенное по адресу: г. Минусинск, ул. Красноармейская, 2. а – общий вид; б – деформированный участок стены, в – шурф вблизи деформированного участка стены

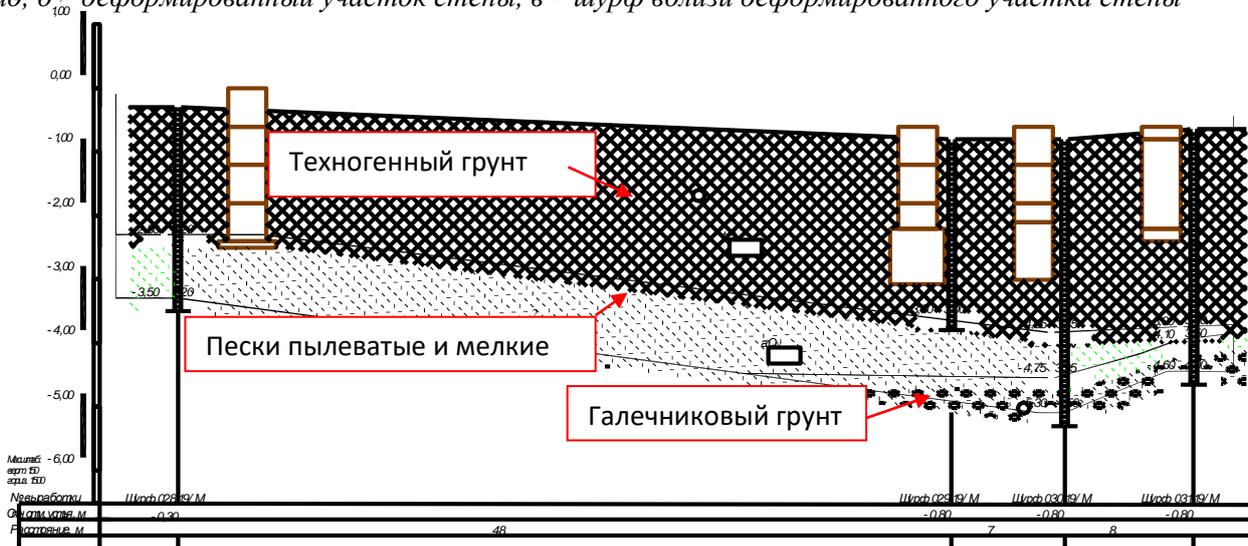


Рис. 5. Инженерно-геологический разрез участка по адресу: г. Минусинск, ул. Красноармейская, 2

По результатам обследования даны рекомендации по устранению аварийного состояния здания: в связи с залеганием разнородного грунтового основания требуется прорезка сильнодеформируемых слоев с заложением новых фундаментов на надежные гравийно-галечниковые грунты. В связи с промерзанием и морозным пучением грунтов под подошвой фундаментов наружной стены (северной) в период оттаивания происходили дополнительные деформации. В результате эта стена получила большие деформации, чем деформации поперечных стен, под которыми длительное время не происходило промерзание-оттаивание (рис. 6). Возможные промерзания грунтов до трёх метров, которые происходят раз в двадцать лет, а иногда и два раза за этот период, приводят к

необходимости пересадки фундаментов на галечниковый грунт, который к тому же находится ниже глубины промерзания. Это обеспечит недеформируемость северной стены и надёжность анализируемого объекта.



Рис. 6. Работы, выполненные по усилению фундаментов нежилого здания, расположенного по адресу: Красноярский край, г. Минусинск, ул. Красноармейская, 2

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе анализа фондовых материалов на объектах с деформациями зданий и сооружений, связанных с залеганием техногенных грунтов в основании фундаментов, выявлены разнородные типы и виды техногенных грунтов, характерные для застроенной части Абаканской агломерации.

Техногенные грунты территории объединяются по генезису в пять основных групп: перемещенные насыпные грунты планомерно возведенных массивов и насыпей; перемещенные намывные грунты в составе земляных сооружений; антропогенные грунты, представленные отходами производств; антропогенные грунты, представленные бытовыми отходами; антропогенные грунты культурного слоя.

Наиболее частой причиной появления деформаций зданий, сооружений является недоучет состава, строения, состояния и свойств техногенных грунтов в процессе проектирования и строительства объектов. Опыт строительства показывает, что имеется ряд сложностей, связанных со специфическими характеристиками техногенных грунтов, а именно разнородностью состава и сложения, различной сжимаемостью, длительным самоуплотнением за счет собственного веса; различной мощностью техногенных грунтов; недостаточной изученностью физико-механических свойств таких грунтов.

Аварийные деформации сооружений чаще всего наступают при изменении инженерно-геологических условий, происходящих после завершения строительства, либо при отсутствии наблюдения за состоянием объекта.

Одной из причин деформаций являются также ошибки, допущенные при проектировании, например несоблюдение существующих норм и правил строительства при возведении сооружений, или неполное соответствие принятых проектных решений материалам инженерно-геологических изысканий.

Другой причиной следует считать нарушение правил эксплуатации зданий и сооружений.

Выводы

Полное изучение состава, строения, состояния и свойств техногенных грунтов является важнейшим фактором безаварийной эксплуатации инженерных сооружений. Принятие проектных решений при отсутствии необходимых исследований свойств техногенных грунтов в отдельных случаях приводит к аварийным ситуациям, описанным ранее. Инженерно-геологические условия территории исследования, в особенности распространение и свойства техногенных грунтов, имеют особый характер распространения с разнообразными формами залегания.

Данные исследования выступают в качестве научной основы для составления карт распространения техногенных грунтов, что позволит эффективно размещать сооружения, своевременно обнаруживать предпосылки к возникновению деформаций, отслеживать интенсивность, прогнозировать развитие в ближайшей перспективе, чтобы исключить возможность их отказов.

Библиографический список

- Абакумова Н.В., Николаева С.К., Самарин Е.Н. Классификации техногенных отложений в инженерной геологии: исторический обзор, современный взгляд на проблему // Инженерные изыскания. 2021. Т. 15, №. 1–2. С. 28–40. DOI: 10.25296/1997-8650-2021-15-1-2-28-40 EDN: ULCFOJ
- Абелев М.Ю., Крутов В.И. Возведение зданий и сооружений на насыпных грунтах. М.: Госстройиздат, 1962. 147 с.
- Афонин А.П., Дудлер И.В., Зиангиров Р.С., Лычко Ю.М., Огородникова Е.Н., Спиридонов Д.В., Черняк Э.Р., Дроздов Д.С. Классификации техногенных грунтов // Инженерная геология. 1990. Т. 1. С. 115–121.
- Викторова М.А. Грунты несанкционированных строительных отвалов и свалок (на примере территории г. Москвы): автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. М.: МГУ, 2007. 22 с. EDN: ZNFFIN
- Вознесенский Е. А. Общая генетическая классификация техногенных грунтов // Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. 2019. №. 5. С. 3–9. DOI: 10.33623/0579-9406-2019-5
- Гальперин А.М., Ферстер В., Шеф Х.Ю. Техногенные массивы и охрана природных ресур-

сов: учебное пособие. Насыпные и намывные массивы. М.: Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 2006. Т. 1. 258 с.

Гальперин А.М., Ферстер В., Шеф Х.Ю. Техногенные массивы и охрана природных ресурсов: учебное пособие. Старые техногенные нагрузки и наземные свалки. М.: Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 2006. Т. 2. 259 с.

Герасимов А.Ю., Лаврусевич А.А., Лаврусевич И.А. Состав и свойства грунтов современных техногенных геологических тел, образованных в условиях агромелиорации // Грунтоведение. 2024. № 1. С. 44–56. DOI: 10.53278/2306-9139-2024-1-22-44-56 EDN: CHFVGH

Жаркова Н.И., Черныйчук Г.А., Жарков И.Я., Галеев Р.К. Техногенные грунты г. Казани: особенности формирования состава, строения и свойств // Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки. 2013. Т. 155, № 4. С. 130–143. EDN: SAMIXN

Здобин Д.Ю. О классификации грунтов культурного слоя // Российская археология. 2008. № 1. С. 48–52. EDN: IBXBAV

Зиангиров Р.С., Трофимов В.Т. Принципиальные вопросы построения общей классификации грунтов (к пересмотру ГОСТа 25100-82 Грунты. Классификация // Геоэкология. 1995. № 3. С. 103–109.

Каздым А.А. Техногенные грунты и техногенные отложения, техногенные ландшафты. 2014 № 1. С. 54–70.

Каздым А.А. Техногенные отложения и культурный слой-к вопросу о систематике и классификации // Минералогия техногенеза. Миасс: ИМин УрО РАН, 2007. Т. 8. С. 224–254. EDN: VLCOZV

Каздым А.А. Техногенные отложения и техногенное минералообразование. М.: РИС ФГУП ВИМС, 2010. 178 с. ISBN: 978-5-901837-56-6 EDN: QKJUJZ

Каминская В.И. Оптимизация проектных решений и технологии возведения намывных сооружений. СПб: Стройиздат Северо-Запад, 2011. 163 с.

Карасев М.А., Поспехов Г.Б., Астапенко Т.С., Шишкина В.С. Анализ моделей прогноза напряженно-деформированного состояния техногенных грунтов низкой прочности // ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2023. Т. 11. С. 49–69. DOI: 10.25018/0236_1493_2023_11_0_49 EDN: EOTJVE

Константинова Т.Г., Делемень И.Ф. Техногенные отложения на территории города Петропавловска-Камчатского // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. 2013. С. 172–176.

Копылов И. С. Геоморфология и геология четвертичных образований центральной части города Перми // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2022. № 5 (42). С. 282–289. EDN: YGTJWQ

Котлов Ф.В. Изменения природных условий территории Москвы под влиянием деятельности человека и их инженерно-геологическое значение. М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1962. 263 с.

Котлов Ф.В. Культурный слой г. Москвы и его инженерно-геологическая характеристика // Очерки гидрогеологии и инженерной геологии Москвы и ее окрестностей. М.: МОИП, 1947. С. 3–117.

Котлов Ф.В. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека. М.: Недра, 1982. 263 с.

Котлов Ф.В., Антропогенные геологические процессы и явления на территории города, М.: Наука, 1977. 172 с.

Крутов В.И. Основания и фундаменты на насыпных грунтах. М.: Стройиздат, 1988. 224 с. ISBN: 5-274-00341-9 EDN: UWKOXA

Ларионова Н.А. Использование промышленных отходов в качестве вторичного минерального сырья для получения строительных материалов с заданными свойствами / под ред. В.Т. Трофимова. М.: ГеоИнфо, 2017. 500 с.

Лычко Ю.М. Использование промышленных отходов для устройства оснований зданий и сооружений // Строительные конструкции. Обзорная информация. М.: ВНИИИС Госстроя СССР, 1982. Вып. 2. 66 с.

Макаров В.Н., Торговкин Н.В. Геохимические особенности техногенных отложений в городе Якутске // Криосфера Земли. 2018. Т. 22, № 3. С. 27–39. DOI: 10.21782/KZ1560-7496-2018-3(27-39) EDN: XQFTQD

Норова Л.П., Николаева Т.Н. Техногенные отложения в разрезе островной части Санкт-Петербурга // Грунтоведение. 2014. № 2. С. 25–37. EDN: TBRDOF

Огородникова Е.Н., Николаева С.К. Техногенные грунты: учеб. пособие. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2004. 250 с.

Огородникова Е.Н., Николаева С.К., Нагорная М.А., Труфманова Е.П. Техногенные грунты городских агломераций // Сергеевские чтения. Инженерно-геологические и геоэкологические проблемы городских агломераций. М.: РУДН, 2015. Вып. 17. С. 185–189.

Осинцева Н.В., Евсеева Н.С. Типы техногенных отложений на территории г. Томска и их геоэкологические аспекты // Вестник Томского государственного университета. 2012. № 361. С. 176–181. EDN: PBXLVN

Осинов В.И., Медведев О.П. Москва: геология и город. М.: Московские учебники и Картолитография, 1997. 399 с.

Паршаков И.А., Сазонова С.А. Использование отходов промышленных предприятий Пермского края в качестве насыпных грунтов // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2018. Т. 1. С. 288–297.

Пашкин Е.М. Инженерно-геологическая диагностика деформаций памятников архитектуры. СПб: Изд. ПИ «Геореконструкция», 2013. 336 с. ISBN: 978-5-9902005-6-2 EDN: CLBUAB

Пономарев А.Б., Захаров А.В. Анализ строительства на техногенных грунтах в г. Перми // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2013. № 31-2. С. 272–278. EDN: RBVALJ

Пономарев А.Б., Захаров А.В. О некотором подходе к прогнозу осадок оснований на техногенных грунтах // Construction and Geotechnics. 2014. № 1. С. 151–161. EDN: SEZFMZ

Савинов О.А. Современные конструкции фундаментов под машины и их расчет. Л.: Стройиздат. Ленингр. отделение, 1979. 200 с.

Сазонова С.А., Пономарев А.Б. О необходимости комплексного изучения свойств техногенных грунтов и использования их в качестве оснований зданий // Construction and Geotechnics. 2013. № 2. С. 98–106. EDN: RBQSIJ

Сергеев Е.М. Общее грунтоведение. М.: Изд-во Московского ун-та, 1952. 384 с.

Сергеев Е.М. Инженерная геология. М.: Изд-во МГУ, 1978. 383 с.

Сергеев Е.М., Приклонский В.А., Панюков П.Н., Белый Л.Д. Общая инженерно-геологическая классификация горных пород и

почв: тр. совещ. по инженерно-геологическим свойствам горных пород и методам их изучения. 1957. Т. 2. С. 18–44.

Смирнов, И.Н. Техногенные геологические тела городской территории / И.Н. Смирнов, В.Н. Безносков, А.Л. Суздалева, Д.Х. Мамина // Вестник евразийской науки. 2024. Т. 16, № 1. EDN: NDLCXQ

Старкова Н.В. Опыт изучения и устранения причин деформаций переходной галереи музея Н.М. Мартыанова в Минусинске: материалы юбилейной XX Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективны – 2024». Красноярск: СФУ, 2024. Ч. 2. С. 395–397. EDN: RWMFJP

Трофимов В.Т., Вознесенский Е.А., Королёв В.А. Инженерная геология России. Грунты России. М.: КДУ, 2011. 672 с. EDN: QKJRAR

Трофимов В.Т., Королёв В.А., Вознесенский Е.А. и др. Грунтоведение // под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во Моск. ун-та, Наука, 2005. 1024 с. ISBN: 5-211-04848-2 EDN: QKEXJR

Улицкий В.М., Пашкин А.Г., Пашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб: Стройиздат Северо-Запад, Геореконструкция, 2010. 560 с.

Хазанов М.И. Искусственные грунты, их образование и свойства. М.: Наука, 1975. 135 с.

Худайбергенов А. М. Инженерная геология правобережья р. Чирчика. Ташкент: ФАН, 1980. 192 с.

Шешнёв А.С., Решетников М.В., Жучков П.С., Кузнецов В.В. Генетические комплексы антропогенных отложений на территории Саратова // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2013. Т. 4, № 1 (73). С. 248–254. EDN: SEFXZT

Assessment of the Reasons of Deformations of Structures Built on Man-Made Soils of the Abakan Agglomeration

D.Y. Sagalakov^{a,b}, L.A. Stroikova^a

^aNational Research Tomsk Polytechnic University

30 Lenina Str., Tomsk 634050, Russia. E-mail: sla@tpu.ru

^bReal Estate Expertise LLC,

24 Martyanova Str., Abakan 655009, Russia, E-mail: sagalakov_d@mail.ru

The construction of structures on man-made soils within the Abakan agglomeration is accompanied by deformations and accidental destruction. Generalization of the results of engineering surveys, study of the technical condition of structures, and creation of a map of engineering and geological zoning of the territory allow the optimization the construction development of urban areas, to design the reliable schemes of engineering protection against manifestations of dangerous engineering and geological processes. The aim of the work is to explain the causes of deformations of structures built on man-made soils. Methods: collection, systematization and analysis

of available territorial geological information and engineering survey results. The conditions, natural and man-made factors of the formation and development of deformations are considered. The analysis of the collected data allowed establishing the regional characteristics of the components of the natural and man-made environment, which will become the basis for the zoning of the territory for the purpose of construction development and engineering protection.

Key words: *engineering-geological zoning; dangerous engineering-geological processes; man-made soils; deformations.*

References

- Abakumova N.V., Nikolaeva S.K., Samarin E.N.* 2021. Klassifikatsii tekhnogennykh otlozheniy v inzhenernoy geologii: istoricheskiy obzor, sovremennyy vzglyad na problem [Classification of technogenic deposits in engineering geology: historical review, modern view on the problem]. *Inzhenernye izyskaniya*. XV(1-2): 28-40. (in Russian)
- Abelev M.Yu., Krutov V.I.* 1962. Vozvedenie zdaniy i sooruzheniy na nasypnykh gruntakh [The construction of buildings and structures on fill soils]. Moskva, Gosstroizdat. p. 147. (in Russian)
- Afonin A.P., Dudler I.V., Ziangirov R.S., Lychko Yu.M., Ogorodnikova E.N., Spiridonov D.V., Chernyak E.R., Drozdov D.S.* 1990. Klassifikatsii tekhnogennykh gruntov [Classification of technogenic soils]. *Inzhenernaya geologiya*. 1:115-121. (in Russian)
- Viktorova M.A.* 2007. Grunty nesanktsionirovannykh stroitelnykh otvalov i svalok (na primere territorii g. Moskvy) [Soils of unauthorized construction sites of dumps and landfills (on the example of the territory of Moscow)]. Dis. Cand. geol.-min. sci. Moskva. (in Russian)
- Voznesenskiy E.A.* 2019. Obshchaya geneticheskaya klassifikatsiya tekhnogennykh gruntov [General genetic classification of technogenic soil]. *Moscow University Geol. Bull.* 5:3-9. doi:10.33623/0579-9406-2019-5 (in Russian)
- Galperin A.M., Ferster V., Shef H.Ju.* 2006. Tekhnogennyye massivyy i okhrana prirodnykh resursov Tom 1. Nasypnye i namyvnye massivyy. Tom 2 Starye tekhnogennyye nagruzki i nazemnye svalki [Technogenic massifs and protection of natural resources. Vol.1. Fill and alluvial formations. Vol.2. Old man-made loads and landfills]. Moskva, Mosk. gos. gorn. univ., p 259 (in Russian)
- Gerasimov A.Ju., Lavrusevich A.A., Lavrusevich I. A.* 2024. Sostav i svoystva gruntov sovremennykh tekhnogennykh geologicheskikh tel, obrazovannykh v usloviyakh agromelioratsii [Composition and properties of soils of modern anthropogen geological bodies formed under land amelioration conditions]. *Gruntovedenie*. 1:44-56. doi: 10.53278/2306-9139-2024-1-22-44-5.6 (in Russian)
- Zharkova, N. I., Chernijchuk, G. A., Zharkov, I. Ja., Galeev, R. K.* 2013. Tehnogennyye grunty g. Kazani: osobennosti formirovaniya sostava, stroeniya i svojstv. [Technogenic soils of Kazan: features of formation of composition, structure and properties]. *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya Estestvennyye nauki*. 155(4): 130-143. (in Russian)
- Zdobin D.Ju.* 2008. O klassifikatsii gruntov kulturalnogo sloya [On the classification of soils in the cultural layer]. *Rossiyskaya arkheologiya*. 1:48-52. (in Russian)
- Ziangirov R.S., Trofimov V.T.* 1995. Printsipialnye voprosy postroeniya obshchey klassifikatsii gruntov (k peresmotru GOSTa 25100-82 Grunty. Klassifikatsiya [Fundamental issues of constructing a general classification of soils (for revision of GOST 25100-82 Soils. Classification)]. *Geoekologiya*. 3:103-109. (in Russian)
- Kazdym A.A.* 2014. Tekhnogennyye grunty i tekhnogennyye otlozheniya, tekhnogennyye landshafty i kulturnyy sloy - sovremennyye problemy klassifikatsii i sistematiki [Technogenic soils and technogenic deposits, technogenic landscapes and cultural layer - modern problems of classification and systematics]. *Gruntovedenie*. 1:54-70 (in Russian)
- Kazdym A.A.* 2007. Tekhnogennyye otlozheniya i kulturnyy sloy - k voprosu o sistematike i klassifikatsii [Technogenic deposits and cultural layer - on the issue of systematics and classification]. *Mineralogiya tekhnogeneza. Ed. S.S. Potapov. Miass. IMin UrO RAN Publ.* 8: 224-254. (in Russian)
- Kazdym A.A.* 2010. Tekhnogennyye otlozheniya i tekhnogennoe mineraloobrazovanie [Technogenic deposits and technogenic mineral formation]. Moskva, VIMS Publ., p. 178. (in Russian)
- Kaminskaya V.I.* 2011. Optimizatsiya proektnykh resheniy i tekhnologii vozvedeniya namyvnykh sooruzheniy [Optimization of design solutions and technology for the construction of inwashed structures]. St. Petersburg. Stroyizdat Severo-Zapad Publ., p. 163. (in Russian)
- Karasev M.A., Posphehov G.B., Astapenko T.S., Shishkina V.S.* 2023. Analiz modeley prognoza napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya tekhnogennykh gruntov nizkoy prochnosti [Stress-strain behavior prediction models for weak manmade soil] MIAB. *Mining Informational and Analytical Bulletin*, 11:49-69 (in Russian)
- Konstantinova T.G., Delemen I.F.* 2013. Tekhnogennyye otlozheniya na territorii goroda Petropavlovsk-Kamchatskogo [Technogenic deposits on the territory of the city of Petropavlovsk-Kamchatskiy]. In: *Problemy kompleksnogo geofizicheskogo monitoringa Dalnego Vostoka Rossii*. p. 172-176. (in Russian)
- Kopylov I.S.* 2022. Geomorfologiya i geologiya chetvertichnykh obrazovaniy tsentralnoy chasti goroda Permi [Geomorphology and geology of quaternary

- formations in the central part of the city of Perm]. *Geologija i poleznye iskopaemye Zapadnogo Urala*. 5 (42): 282-289. (in Russian)
- Kotlov F.V.* 1962. *Izmeneniya prirodnykh usloviy territorii Moskvy pod vliyaniem deyatel'nosti cheloveka i ikh inzhenerno-geologicheskoe znachenie* [Changes in the natural conditions of the territory of Moscow under the influence of human activity and their engineering and geological significance]. Moskva, AN USSR, p. 263. (in Russian)
- Kotlov F.V.* 1947. *Kulturnyy sloy g. Moskvy i ego inzhenerno-geologicheskaya kharakteristika* [The cultural layer of Moscow and its engineering and geological characteristics]. In: *Ocherki gidrogeologii i inzhenernoy geologii Moskvy i eyo okrestnostey*. Moskva, MOIP Publ., p. 3-117. (in Russian)
- Kotlov F.V.* 1982. *Izmenenie geologicheskoy sredy pod vliyaniem deyatel'nosti cheloveka* [Change of the geological environment under the influence of human activity]. Moskva, Nedra, p. 263 (in Russian)
- Kotlov F.V.* 1977. *Antropogennyye geologicheskyye protsessy i yavleniya na territorii goroda* [Anthropogenic geological processes and phenomena on the territory of the city]. Moskva, Nauka, p. 172. (in Russian)
- Krutov V.I.* 1988. *Osnovaniya i fundamenti na nasypnykh gruntakh* [Footings and foundations on fill soils]. Moskva, Stroyizdat, p. 224. (in Russian)
- Larionova N.A.* 2017. *Ispolzovanie promyshlennykh otkhodov v kachestve vtornichnogo mineral'nogo syr'ya dlya polucheniya stroitelnykh materialov s zadannymi svoystvami* [The use of industrial waste as a secondary mineral raw material for the production of building materials with specified properties]. Ed. V.T. Trofimov. Moskva, GeoInfo, p. 500 (in Russian)
- Lychko Yu.M.* 1982. *Ispolzovanie promyshlennykh otkhodov dlya ustroystva osnovaniy zdaniy i sooruzheniy* [The use of industrial waste for the construction of foundations of buildings and structures]. *Stroitelnye konstruktsii. Obzornaya informatsiya*. Moskva, Publ. VNIIS Gosstroya SSSR. vol. 2, p. 66. (in Russian)
- Makarov V.N., Torgovkin N.V.* 2018. *Geokhimicheskiye osobennosti tekhnogennykh otlozheniy v gorode Yakutske* [Geochemical features of man-made deposits in Yakutsk]. *Kriosfera Zemli*. 22(3):27-39. (in Russian)
- Norova L.P., Nikolaeva T.N.* 2014. *Tekhnogennyye otlozheniya v razreze ostrovnoy chasti Sankt-Peterburga* [Technogenic deposits in the context of the island part of St. Petersburg]. *Gruntovedenie*. 2:25-37. (in Russian)
- Ogorodnikova E.N., Nikolaeva S.K.* 2004. *Tekhnogennyye grunty* [Technogenic soils]. Moskva, Izd. Mosk. univ. p. 250. (in Russian)
- Ogorodnikova E.N., Nikolaeva S.K., Nagornaja M.A., Trufmanova E.P.* 2015. *Tekhnogennyye grunty gorodskikh aglomeratsiy* [Technogenic soils of urban agglomerations]. In: *Sergeevskie chteniya. Inzhenerno-geologicheskyye i geoekologicheskyye problemy gorodskikh aglomeratsiy*. Vol. 17, Moskva, RUDN, p. 185-189. (in Russian)
- Osintseva N.V., Evseeva N.S.* 2012. *Tipy tekhnogennykh otlozheniy na territorii g. Tomsk i ikh geoekologicheskyye aspekty* [Types of man-made deposits on the territory of Tomsk and their geoecological aspects]. *Bulletin of Tomsk State University*. 361:176-181. (in Russian)
- Osipov V.I., Medvedev O.P.* 1997. *Moskva: geologiya i gorod* [Moscow: Geology and the City]. Moskva, Moskovskie uchebniki i Kartolitografija. p. 399. (in Russian)
- Parshakov I.A., Sazonova S.A.* 2018. *Ispolzovanie otkhodov promyshlennykh predpriyatiy Permskogo kraya v kachestve nasypnykh gruntov* [The use of waste from industrial enterprises of the Perm territory as fill soils]. *Sovremennyye tekhnologii v stroitel'stve. Teoriya i praktika*. 1: 288-297. (in Russian)
- Pashkin E.M.* 2013. *Inzhenerno-geologicheskaya diagnostika deformatsiy pamyatnikov arkhitektury*. [Engineering and geological diagnostics of deformations of architectural monuments]. Sankt-Peterburg, Izd. PI Georekonstruktsiya. p. 336. (in Russian)
- Ponomarev A.B., Zakharov A.V.* 2013. *Analiz stroitel'stva na tekhnogennykh gruntakh v g. Permi* [Analysis of construction on technogenic soils in Perm]. *Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture*. 31(2): 272-278. (in Russian)
- Ponomarev A.B., Zakharov A.V.* 2014. *O nekotorykh podkhodakh k prognozu osadok osnovaniy na tekhnogennykh gruntakh* [On some approaches to foundation subsidence forecast in technogenic soil]. *Construction and Geotechnics*. 1:151-161 (in Russian)
- Savinov O.A.* 1979. *Sovremennyye konstruktsii fundamentov pod mashiny i ikh raschet* [Modern constructions of foundations for machines and their calculation]. St. Petersburg Stroyizdat. p. 200. (in Russian)
- Sazonova S.A., Ponomarev A.B.* 2013. *O neobkhodimosti kompleksnogo izucheniya svoystv tekhnogennykh gruntov i ispolzovaniya ikh v kachestve osnovaniy zdaniy* [On the need for a comprehensive study of the properties of man-made soils and their use as foundations of buildings]. *Construction and Geotechnics*. 2: 98-106. (in Russian)
- Sergeev E.M.* 1952. *Obshcheye gruntovedenie* [General soil science]. Moskva, Moscow University, p. 384. (in Russian)
- Sergeev E.M.* 1978. *Inzhenernaya geologiya* [Engineering Geology]. Moskva, Moscow University, p. 383. (in Russian)
- Sergeev E.M., Priklonsky V.A., Panyukov P.N., Bely L.D.* 1957. *Obshchaya inzhenerno-geologicheskaya klassifikatsiya gornykh porod i pochv* [General engineering and geological classification of rocks and soils]. In: *Tr. soveshch. po inzhenerno-geologicheskim svoystvam gornykh porod i metodam ikh izucheniya*. 2:18-44 (in Russian)

Smirnov I.N., Beznosov V.N., Suzdaleva A.L., Mamina D.Kh. 2024. Technogenic geological bodies of the urban area. The Eurasian Scientific Journal. 16(1): 44NZVN124. URL: esj.today/PDF/44NZVN124.pdf. (in Russian)

Starkova N.V. 2024. Opyt izucheniya i ustraneniya prichin deformatsiy perekhodnoy galerei muzeya N.M. Martyanova v Minusinske [Experience in studying and eliminating the causes of deformations of the transitional gallery of the N.M. Martyanov Museum in Minusinsk] In: Materialy konf. studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Prospekt Svobodnyj – 2024», ch.2. Krasnoyarsk, SibFU, p. 395-397. (in Russian)

Trofimov V.T., Voznesenskiy E.A., Korolev V.A. 2011. Inzhenernaya geologiya Rossii. Grunty Rossii [Engineering Geology of Russia. Soils of Russia]. Moskva, KDU Publ. p. 672. (in Russian)

Trofimov V.T., Koroyyov V.A., Voznesenskiy E.A. 2005. Gruntovedenie [Soil science]. Ed. V.T. Tro-

fimov. Moskva, Moscow State University, Nauka, p. 1024. (in Russian)

Ulitskiy V.M., Shashkin A.G., Shashkin K.G. 2010. Geotekhnicheskoe soprovozhdenie razvitiya gorodov [Geotechnical support of urban development.]. St. Petersburg, Stroyizdat Severo-Zapad, Georekonstruktsiya, p. 560. (in Russian)

Khazanov M.I. 1975. Iskusstvennye grunty, ikh obrazovanie i svoystva [Artificial soils, their formation and properties]. Moskva, Nauka, p. 135. (in Russian)

Khudaibergenov A.M. 1980. Inzhenernaya geologiya pravoberezhya r. Chirchika. [Engineering geology of the right bank of the Chirchik River]. Tashkent, FAN, p. 192. (in Russian)

Sheshnev A.S., Reshetnikov M.V., Zhuchkov P.S., Kuznetsov V.V. 2013. Geneticheskie komplekсы antropogennykh otlozheniy na territorii Saratova [Genetic complexes of anthropogenic deposits on the territory of Saratov]. Bulletin of the Saratov State Technical University. Vol. 4. 1(73): 248-254. (in Russian)