

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»

кафедра «Строительство и экономика»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Г.Н. Шibaева
подпись инициалы, фамилия
« ____ » _____ 202__ г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Исследование и совершенствование научно-технического сопровождения

тема

оснований и фундаментов зданий в РХ

08.04.01 «Строительство»

код и наименование направления

08.04.01.16 «Промышленное и гражданское строительство: проектирование»

код и наименование магистерской программы

Научный руководитель	_____	<u>канд. тех. наук, доцент</u>	<u>О.З. Халимов</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>Д.О. Легоньков</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Рецензент	_____		<u>Е.А. Темерева</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____		<u>Шibaева Г.Н.</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия

Абакан 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
I Современное состояние исследуемого вопроса	6
1.1 Обзор научных источников.....	6
1.1.1 Понятие геотехнического мониторинга	6
1.1.2 История развития термина «геотехнический мониторинг»	8
1.1.3 Методы геотехнического мониторинга	9
1.1.4 Программа геотехнического мониторинга.....	12
1.1.5 Геотехнический мониторинг на разных стадиях жизненного цикла объекта.....	13
1.1.6 Вопрос применения геотехнического мониторинга	14
1.1.7 Пример геотехнического мониторинга	20
1.2 Патентный поиск по теме исследования	21
1.3 Вывод	24
II Методология исследований.....	24
2.1 Общие сведения	24
2.2 Подвал корпуса Б ХТИ-филиала СФУ	25
2.3 Участок дороги Абакан-Подсинее перед мостом.....	26
2.4 Отель базы Гладенькая.....	27
2.5 Склад рыбного хозяйства.....	27
2.6 Торговый комплекс «Владимирский» на пересечении улицы Некрасова-Советская	28
2.7 Вывод	28
3. Экспериментальная часть.....	28
3.1 Подвал корпуса Б ХТИ-филиала СФУ	29
3.2 Участок дороги Абакан-Подсинее перед мостом.....	33
3.3 Отель базы Гладенькая.....	39
3.4 Склад рыбного хозяйства.....	51
3.5 Торговый комплекс «Владимирский» на пересечении улицы Некрасова-Советская	55
3.6 Анализ результатов экспериментальных исследований.....	57
4. Рекомендации по геотехническому мониторингу	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	63
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	64
ПРИЛОЖЕНИЕ А	73

ВВЕДЕНИЕ

Общепринятыми гипотезами известно, что важным аспектом в любом строительстве зданий и сооружений, выступают грунты и основания. Почему? Потому что, различные изменения, деформации в грунтах и основаниях могут повлечь за собой соответствующие или даже губительные последствия на сооружения, находящиеся на этих основаниях. Поэтому основание играет огромную роль и требует особого внимания, и с этим нельзя не согласиться. [43]

Современная тенденция роста строительства объектов на площадках со сложными грунтовыми условиями, призывает нас к усовершенствованию разнообразных методов повышения эффективности, экономичности и безопасности конструкций фундаментов во время изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации. [44]

Метод, позволяющий обеспечить безопасность строительства и эксплуатационную надежность, является геотехнический мониторинг, являющийся составной частью научно-технического сопровождения. [17]

Несмотря на разные названия и формулировки, изложенные в [16], суть требований и цель производства работ по геотехническому мониторингу остается одинаковой – предупреждение возникновения аварийных ситуаций. Поэтому развитие геотехнического мониторинга является актуальным направлением развития строительной индустрии.

Введение научно-технического сопровождения оснований и фундаментов на стадиях изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации объектов, безоговорочно, позволит вести корректировки объемов и видов работ в процессе производства геологических выработок, установить эффективный контроль качества работ по возведению зданий и сооружений с проведением комплексных испытаний ответственных конструкций, узлов и систем. Всемерное повышение качества продукции является одним из главных путей осуществления основного принципа достижения наибольших результатов при наименьших затратах. [16,45,46]

Таким образом, проводимая мною исследовательская работа соответствует современным потребностям строительной индустрии, потребностям экономического развития и является важным направлением актуальных научных исследований в сфере строительства.

Целью представленной магистерской диссертации является - развить идеи научно-технического сопровождения, используемые в строительстве и эксплуатации уникальных зданий и сооружений, дифференцированно для объектов разного уровня ответственности.

Задачами исследования являются:

- Изучить и проанализировать понятия, параметры, эволюцию геотехнического мониторинга для зданий и сооружений разного уровня ответственностью;
- Разработать программы эксперимента геотехнического мониторинга на разных этапах жизненного цикла объектов;

- Подготовить площадки для геотехнического мониторинга;
- Получить экспериментальные результаты, выявить динамику деформаций;
- Дать оценку состояния объекта и в случае чего рекомендации об устранении;
- Выявить и установить связь важности геотехнического мониторинга на основе экспериментов;
- Разработать рекомендации по применению геотехнического мониторинга дифференцированно для объектов разного уровня ответственности.

Научная новизна работы:

1. Установлена важность геотехнического мониторинга для объектов.
2. Предложена новая система мониторинга на оползнеопасном участке.
3. Разработаны рекомендации по применению геотехнического мониторинга в строительстве, дифференцированно для объектов разного уровня ответственности.

Основные результаты работ докладывались:

- Всероссийская научно-практическая конференция «Актуальные вопросы строительства: взгляд в будущее» (Красноярск, 19-21 октября 2022)
- Республиканский конкурс научно-исследовательских работ студентов «Научный потенциал Хакасии»
- XXIX Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов»
- XIX Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективныи -2023»
- Научно-практическая конференция «Развитие дорожно-транспортного комплекса Республики Хакасия 2023-2027»
- Конференция Инвестиции, градостроительство, недвижимость как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения Томск, 01–04 марта 2022 года
- XVIII Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективныи -2022»

Результаты работ публиковались:

- Публикация в сборнике Инвестиции, градостроительство, недвижимость как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения Томск, 01–04 марта 2022 года
- Публикация в сборнике "Актуальные вопросы строительства: взгляд в будущее": сборник научных статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции

Подготовлена рукопись статьи (ВАК) степени ВАК «ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД С ОПОЛЗНЕВЫМИ ПРОЦЕССАМИ» в журнал «Вестник МГСУ» (приложение А).

I Современное состояние исследуемого вопроса

1.1 Обзор научных источников

1.1.1 Понятие геотехнического мониторинга

Для того чтобы разобраться с понятием «геотехнический мониторинг» (далее ГМ), необходимо изначально изучить вопрос, что же такое научно-техническое сопровождение (далее НТС). На основе множества стандартов [1-5], НТС раскрывается нам, как «комплекс работ научно-аналитического, методического, информационного, экспертно-контрольного и организационного характера, осуществляемых в процессе изысканий, проектирования и строительства в целях обеспечения надежности сооружений с учетом применения нестандартных расчетных методов, конструктивных и технологических решений». Данную научную точку зрения понятия НТС также и отразили в своих работах авторы статей [47-49].

Цели, которые преследует НТС являются [1, 2]:

- Обеспечение безопасности людей, объекта строительства, а также зданий и сооружений, расположенных в зоне влияния строительства и надёжности возводимых конструкций на основе прогноза и анализа данных мониторинга.

- Обеспечение качества выполняемых работ, надёжности (безопасности, функциональной пригодности и долговечности) объектов строительства, с учётом их уникальности и ответственности.

- Обеспечение надежности системы «основание-сооружение» возводимого (реконструируемого) объекта строительства.

- Обеспечение взаимодействия всех участников строительного процесса: заказчика, подрядных строительных, проектных, изыскательских организаций, надзорных и контролирующих органов, испытательных лабораторий, органов по сертификации продукции и услуг, по вопросам обеспечения качества строительства.

- Своевременный учёт всех возможных техногенных, климатических воздействий или других чрезвычайных ситуаций, возникших в ходе строительства.

Задачи, решаемые в ходе НТС [1]:

- Анализ результатов различных видов мониторинга, данных по контролю качества строительства, а также информации и предписаний, поступающих от надзорных и контролирующих ход строительства организаций.

- Составление прогноза состояния объекта строительства (или отдельных его конструкций), с учётом всех возможных видов воздействий.

- Составление прогнозов состояния зданий и сооружений, находящихся в зоне влияния строительства, изменения локальных геологических и климатических факторов, как результата строительной

деятельности.

- Разработка оперативных решений по ликвидации нарушений, выявленных в результате мониторинга и отклонений от проектных решений.

- Разработка оптимальных технических и технологических решений, участие в принятии проектных решений по вопросам, возникающим в процессе строительства, а также по вопросам, не нашедшим отражения в проектной документации.

- Разработка дополнительных технических рекомендаций, не входящих в действующие нормативно-технические документы или регламентирующих повышенные требования по изготовлению, возведению, монтажу и приёмке конструкций, на основе установленных показателей качества и методах их контроля.

- Создание базы (в т.ч. информационной и приборной) для проведения мониторинга объекта строительства в ходе эксплуатации.

Переходя к непосредственно к изучению понятия «геотехнический мониторинг», то становится ясным, что это неотъемлемая часть НТС.

Само определение мониторинг [1,2,6], представляет под собой систематическое или периодическое слежение за состоянием (деформациями) конструкций, зданий в целом, частями зданий, за состоянием грунта, оснований, расположенных в зоне строительства, оценка соответствия проектным решениям и нормативным требованиям, сопоставление результатов прогноза взаимного влияния объекта и окружающей среды с результатами наблюдений с целью оперативного предупреждения или устранения выявленных негативных явлений и процессов.

Полное понятие ГМ в соответствии с [3,4,5,7,8] – «комплекс работ, основанный на натуральных наблюдениях за поведением конструкций вновь возводимого или реконструируемого сооружения, его основания, в том числе грунтового массива, окружающего (вмещающего) сооружение, и конструкций сооружений окружающей застройки».

Более краткое определение можно встретить в статье [17], где ГМ называют комплексом инженерно-геодезических измерений, которые проводятся с целью выявления деформаций, строящихся или сданных в эксплуатацию объектов

Таким образом, НТС оснований и фундаментов и есть ГМ.

Цель ГМ, заключается в обеспечение безопасности строительства и эксплуатационной надежности вновь возводимых (реконструируемых) объектов и сооружений окружающей застройки и сохранности экологической обстановки. [1,2,7,8]

Задачи, которые в себя включает ГМ [1,2,7,8]:

- своевременное выявление отклонений контролируемых параметров (в т.ч. их изменений, нарушающих ожидаемые тенденции) конструкций строящегося (реконструируемого) объекта и его основания от заданных проектных значений, параметров грунтового массива и окружающей застройки, от значений, полученных в результате геотехнического прогноза.

- систематическая фиксация изменений контролируемых параметров конструкций сооружений и геологической среды;
- анализ степени опасности выявленных отклонений контролируемых параметров и установление причин их возникновения;
- корректировка или разработка новых технических решений, предупреждающих и устраняющих выявленные негативные процессы или причины, которыми они обусловлены.

Если ГМ в соответствии с [3,4,5,7,8] осуществляется в период строительства (в том числе в период сноса до начала строительства) и на начальном этапе эксплуатации вновь возводимых или реконструируемых объектов, то на стадии проектирования при особых обстоятельствах (условиях, написанные в [7]) может появиться понятие наблюдательного метода (далее НМ).

НМ [3,4,5,7] или «observational method» [64] подразумевает метод проектирования, изначально предполагающий возможность корректировать проект на основании результатов геотехнического мониторинга.

НМ предполагает возможность выбора одного из ранее разработанных проектных решений в зависимости от результатов мониторинга. Проект мониторинга должен быть интегрирован с процессом проектирования, включая разработку алгоритма принятия решений на всех этапах строительства. При НМ оперативность получения результатов мониторинга должна быть такова, чтобы иметь возможность вносить изменения в ход и последовательность проведения работ. [7]

Стоит отметить, что ГМ является неотъемлемой частью НМ, поэтому также при помощи НМ можно обеспечить экономию средств и обезопасить строительство и строительный процесс. [65]

1.1.2 История развития термина «геотехнический мониторинг»

Изучая вопрос о термине ГМ, рассматривая множество статей и работ различных ученых, первое упоминание ГМ, было найдено в работе [62] в 1969 году. Единственное, упоминание осуществлялось через определение «observational method» - НМ. Что на современный лад подразумевает под собой метод проектирования, изначально предполагающий возможность корректировать проект на основании результатов ГМ [7].

Далее в зарубежных странах понятие ГМ можно встретить в многих статей, но особенное развитие оно получило в работах [66-71]. И свой первый официальный статус понятие получило в Еврокоде 7 [64]. Стоит отметить, что во многих зарубежных странах, например, Великобритания и Франция, НМ вошел в обыденность применения, но существуют и страны, как, например, Нидерланды, где НМ использовался в конкретных случаях. [65]

Таким образом, зарубежное восприятие о понятии ГМ начало развиваться и отражаться уже в 60-ые годы.

Многие авторы в своих работах, отражают первое появление понятия ГМ в отечественной индустрии, с выходом в свет первых редакций московских и

петербургских геотехнических норм [11,24,27]. [8] В данных нормах были обобщены естественные требования, необходимости контроля состояния застройки вокруг объекта нового строительства или сложной реконструкции. [19] Требования были отражены через накопленный к тому времени опыт по реконструкции и новому строительству объектов в историческом центре таких мегаполисов, как Москва и Санкт-Петербург [25,28,29]. [8,61] Но, изучая эволюцию понятия ГМ, мною были найдены работы [22,23,96], в которых уже более ранее отражались и упоминались понятия ГМ.

Следующим этапом развития термина ГМ получил с выходом в свет следующих нормативных документов [30-34]. Данные документы описали суть ГМ, который заключается в организации регулярных наблюдений и контроля над состоянием системы основание — фундамент — каркас здания, строящихся (реконструируемых), так и попадающих в зону влияния нового строительства (реконструкции) зданий для обеспечения их сохранности и безопасной эксплуатации. [19]

Стоит отметить, что термин НМ, который упоминался в зарубежной документации еще в 1969 годах, в отечественной литературе официальный статус получил только в 2016 г. в СП 248.1325800.2016 [5], но термин является полным аналогом «Observational method», который прописан в Еврокоде 7 [64]. [63]

На сегодня федеральный закон № 384-ФЗ [35] в главе 5, статья 36, предписывает необходимость проведения ГМ во время всего этапа эксплуатации объекта.

Упоминаний в действующих нормативных документах об ГМ очень много [3,4,5,6,7], но более усовершенствованная информация о объеме и составе мониторинга в официальном формате внесены в [7]. Здесь ГМ уже описывается как «комплекс работ, основанный на натуральных наблюдениях за поведением конструкций вновь возводимого или реконструируемого сооружения, его основания, в том числе грунтового массива, окружающего (вмещающего) сооружение, и конструкций сооружений окружающей застройки».

Таким образом, идея магистерской диссертации заключается в развитии отечественного опыта применения ГМ, что с нашей точки зрения, представляет большой практический интерес.

1.1.3 Методы геотехнического мониторинга

ГМ – это общее понятие, которое включает в себя множество разных методов и видов исследований.

Методы ГМ должны обеспечивать возможность осуществления мониторинга во время строительства, а также ее последующего включения в структурированную систему мониторинга и управления инженерными системами сооружений в случае, если предусмотрена система мониторинга объекта в период эксплуатации [7].

При этом рекомендуется использовать приборы и оборудование,

обеспечивающие работу в условиях проектного срока действия системы мониторинга в период эксплуатации, и в условиях требуемой точности и устойчивости к внешним воздействиям, возможности дистанционного снятия показаний [7].

Ниже представлены следующие методы, виды наблюдения и измерения (рис. 1). [1-3, 7, 10, 14-16, 18-21, 24,36]

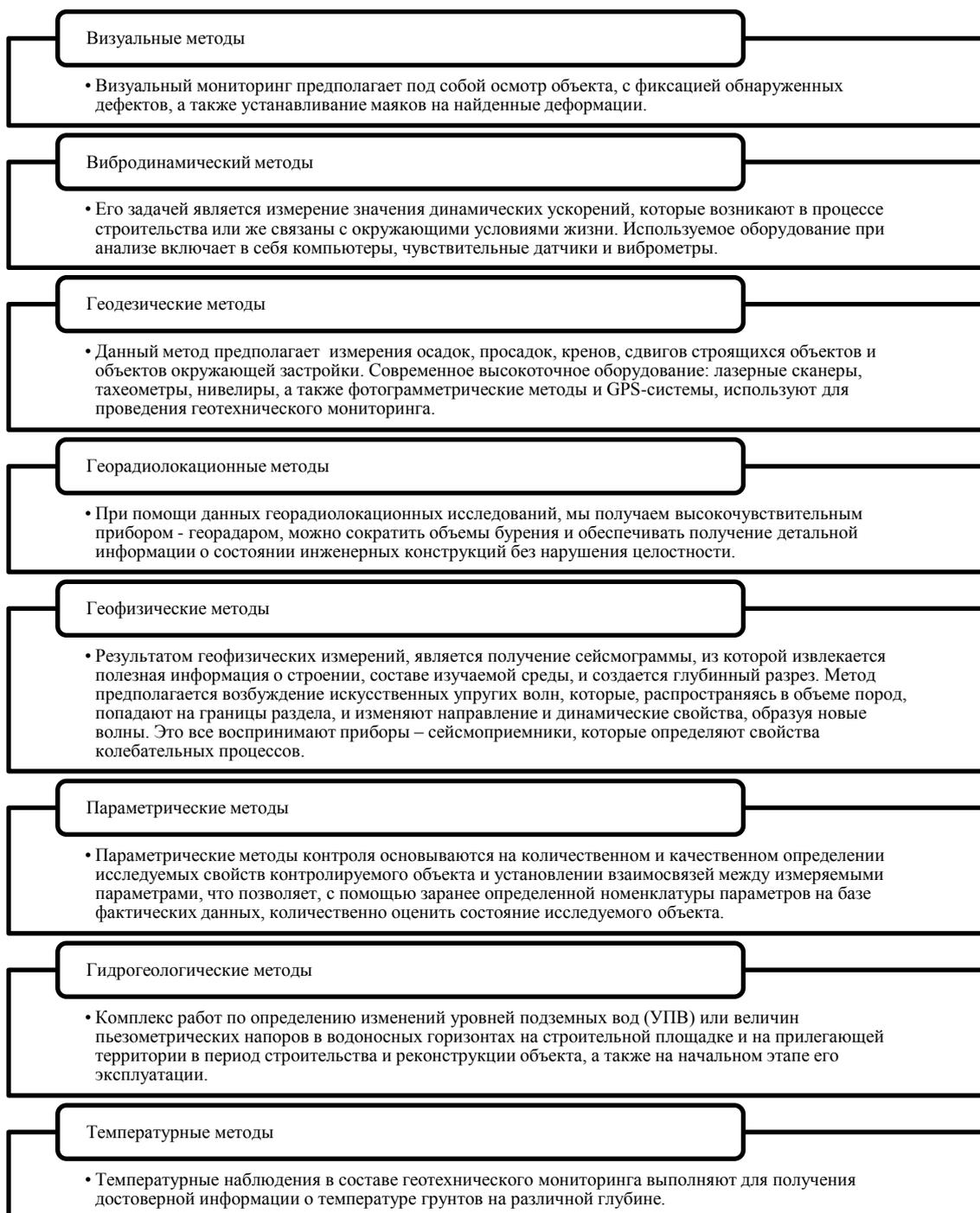


Рисунок 1 - Методы ГМ

Допускается для фиксации изменений контролируемых параметров использовать другие методы, в том числе косвенные, которые должны

обеспечивать достоверность результатов наблюдений и их согласованность с результатами, полученными по указанным методам. [3]

Стоит отметить, что, описанные в стандарте [7] рекомендации по мониторингу (мониторинг уникальных зданий и сооружений, мониторинг в условиях плотной городской застройки, мониторинг при строительстве в условиях распространения органоминеральных и органических грунтов, мониторинг при строительстве в условиях распространения насыпных грунтов, мониторинг при строительстве в условиях распространения просадочных грунтов; мониторинг в условиях оползневых участков и т.п.) включает в себя лишь рекомендации о том, что необходимо мониторить, но не написано как. [7]

Также на основе статей [12,13] система мониторинга подразумевает формирование и организацию взаимодействия двух структурных подсистем контроля и оценки свойств и состояний элементов строительной системы:

- Подсистема постоянного (сигнального) мониторинга: функционирует в непрерывном режиме.

- Подсистема периодического мониторинга: включается в работу в случаях, предусмотряемых регламентов (технологической картой) производства строительных процессов для осуществления операционного контроля качества возведения несущих конструкций, или при поступлении сигналов от системы постоянного мониторинга.

Тем самым, использование любого из вышеперечисленного метода, как вместе, так и в отдельности, позволяет заблаговременно предсказать дальнейшие процессы изменения состояния здания, грунтов, оснований и спрогнозировать ее теоретический срок функционирования в пределах области допустимых состояний. В итоге, это нам позволит дать возможность получить систему критериев безопасности. [16,24,36]

Факторы риска, которые должны исследоваться вышеупомянутыми методами, являются [102]:

- постоянные статические воздействия: изменение статических условий работы оснований существующей застройки, обусловленное нагружением или разгрузкой грунтового массива и являющейся результатом реализации проекта

- постоянное изменение режима подземных вод: изменение гидрогеологических условий на территории вокруг объекта, являющееся результатом реализации проекта

- постоянные технологические воздействия: возникновение дополнительных эксплуатационных нагрузок на основание вследствие возведения объекта

- временные статические воздействия: изменение статических условий работы оснований существующей застройки, происходящее в период производства работ нулевого цикла

- временное изменение режима подземных вод: изменение гидрогеологических условий на территории вокруг объекта, происходящее в период производства работ нулевого цикла

- временные технологические воздействия: возникновение дополнительных технологических нагрузок на основание в период возведения

объекта.

1.1.4 Программа геотехнического мониторинга

Безусловно, объектами ГМ являются основания, фундаменты, грунты, расположенные в зоне строительства (реконструкции) объекта. [1]

Для осуществления ГМ необходима сконструировать программу, которая разрабатывается организацией, проводящей мониторинг и согласовывается с организацией, осуществляющей НТС. Программа мониторинга разрабатывается на стадии проектирования объекта и должна учитывать уровень ответственности здания (сооружения), технологические особенности его возведения и гидрогеологические условия строительной площадки. Данными, которые включает в себя программа мониторинга, являются объемы и состав работ по мониторингу с указанием перечня измеряемых параметров и обоснованием требуемой точности измерений. [1,2]

Состав работ, как правило, состоит из системно организованных визуальных и инструментальных наблюдений. [1]

Системно организованные наблюдения должны строиться на основе оптимального использования любых методов и технологий, позволяющих с минимальными затратами достигать целей, заложенных в Программе и получать необходимую информацию об объектах мониторинга, с возможностью продолжения наблюдений на стадии эксплуатации объекта. [1]

Можно выделить основную информацию, которая должна быть в программе ГМ [3,7]:

- схемы установки наблюдательных марок, скважин, маяков, датчиков и др.;
- конструкции и характеристика оборудования для проведения наблюдений;
- методика измерений, оценка точности измерений и др.;
- требования к визуально-инструментальному обследованию сооружений окружающей застройки;
- периодичность проведения измерений;
- описание мест проведения мониторинга;
- сведения о ранее выполненных работах по определению деформаций и связь их с последующими работами;
- контролируемые параметры и характеристики.

Следует отметить, что организация и проведение ГМ и сопутствующих ему работ в соответствии с требованиями [3,7], где используются исключительно современное, автоматизированное оборудование — мероприятие достаточно затратное. Так, по данным некоторых авторов [57, 58] стоимость системы мониторинга, позволяющей вести непрерывный контроль состояния различных объектов во времени, может составлять от 1 до 3–6 % от стоимости всего объекта. Поэтому в ряде случаев в целях экономии средств некоторые застройщики так или иначе пытаются обойти положения,

изложенные в нормативных региональных и федеральных документах [3,6,7,30–33]. Кроме того, отсутствие геотехнического мониторинга или проведение его в неполном объеме является одной из основных причин, приводящих к возникновению аварийной ситуации на объекте. [60]

Из вышеизложенного следует, что система геотехнического мониторинга — это важная компонента, обеспечивающая эффективную составляющую безопасного функционирования зданий в период как их строительства (реконструкции), так и эксплуатации. В этой связи необходимо отметить, что в соответствии с требованиями [3,7] работы по геотехническому мониторингу, оформленные в виде программы, являются разделом утверждаемой части проектной документации.

1.1.5 Геотехнический мониторинг на разных стадиях жизненного цикла объекта

Федеральным законодательством и нормативными документами проведение мониторинга зданий, сооружений и грунтов их основания предусмотрено [39]:

- 1) на этапе изысканий [9, 37];
- 2) при проектировании [3, 38];
- 3) в период строительства и/или начальный (не менее года) период эксплуатации [3, 35, 37, 38];
- 4) в период эксплуатации (в течение всего эксплуатационного периода) [9, 35, 37].

В различные этапы строительства ГМ имеет свои отличительные черты, так, например, на стадии изысканий выполняется оценка влияния проектируемого объекта на окружающую застройку и коммуникации.

На стадии проектирования на основе прогнозов при необходимости назначаются защитные мероприятия. [24]

ГМ на стадиях строительства и эксплуатации более развит и изучен. До начала строительства должно быть выполнено первичное визуальное обследование зданий, сооружений и подземных коммуникаций, находящиеся в зоне влияния. По результатам обследования составляются двухсторонние акты, в которых перечисляются основные дефекты.

В процессе строительства и эксплуатации ведутся визуальные и измерительные наблюдения за состоянием окружающих зданий. [25] В случае выявления отрицательной тенденции развития деформация (при их наличии) предпринимаются соответствующие меры по их устранению.

В общем случае измерения следует проводить после каждого выполненного цикла работ: устройства ограждающей конструкции, откопки какого-либо этапа котлована, устройства удерживающих конструкций и т.д.

Стоит отметить, что этапы проектирования и строительства может в себя включать работы наблюдательного метода, заключающийся в возможности корректировки проекта в процессе строительства на основании результатов геотехнического мониторинга. [72]

Многих застройщиков волнует вопрос, как часто необходимо проводить ГМ в процессе возведения или реконструкции зданий и сооружений, а также после ввода их в эксплуатацию. Авторы делают акцент на то, что периодичность зависит от скорости строительных и монтажных работ, конфигурации отдельных конструкций, этапов строительства и пр. Кроме того, есть определенные требования, обозначенные в нормативной документации [7], которые определяют сроки проведения мониторинга для отдельных объектов контроля – фундаменты, основания и несущие конструкции контролируют с помощью ГМ во время всего строительного процесса, а также в течение одного года после сдачи объекта в эксплуатацию. Измерения проводят не реже одного раза в месяц или же при возведении каждых 3–5 этажей. Ограждающие конструкции строительного котлована должны быть исследованы дважды в месяц с момента начала земляных работ и до момента строительства всей подземной части здания. Грунт, окружающий объект строительства, а также близлежащие здания и сооружения необходимо проверять один раз в месяц с начала строительства и еще один год после его завершения.

Таким образом, работы по мониторингу должны быть начаты до выполнения строительно-монтажных работ (включая защитные мероприятия) и продолжаться (если речь идет о начальных этапах эксплуатации) в течение, как правило, двух лет после окончания строительства здания, имеющего подземную (заглубленную) часть. Для уникальных зданий, имеющих развитую подземную часть, срок проведения мониторинга может быть увеличен. [16,26]

Реали показывают, что год мониторинга после введения объекта в эксплуатацию, зачастую может не хватать. Такое мнение имеет место быть в связи с тем, что в одном году внешних факторов воздействия на объект могут сильно отличаться от воздействий осуществляемых последующими годами.

1.1.6 Вопрос применения геотехнического мониторинга

Изучая современные статьи [47,50-54], можно сделать вывод о том, что в основном научно-техническое сопровождение оснований и фундаментов, т.е. геотехнический мониторинг подвергаются лишь здания особо опасные, технически сложные и уникальные, объясняя это объемами социальных, экономических и экологических последствий их разрушения. То есть можно сказать, что НТС формируется сегодня как направление реализации сложного строительного объекта посредством разработки рекомендаций по использованию на предпроектном этапе (этапе изысканий), в проектах, на стадии строительства и стадии эксплуатации новых материалов, нового оборудования, строительной техники, конструктивных решений, организационно-технологических решений, выполнении сложных расчетов, математическом и физическом моделировании и контроле качества работ. [40,42]

Сложное строительство требует сложные инструменты, которые будут иметь достаточно высокую ценовую составляющую и сложную технологическую оснащенность.

Современная нормативная документация следующим образом распределяет объекты, нуждающиеся в ГМ.

Согласно [6], для зданий и сооружений класса КС-3, имеющих повышенный уровень ответственности, должны предусматриваться научно-техническое сопровождение при проектировании, изготовлении и монтаже конструкций, а также их технический мониторинг при возведении и эксплуатации.

Также в стандарте [6] прописаны какие сооружения относятся к каким классам:

Класс сооружений КС-1:

а) теплицы, парники, мобильные здания (сборно-разборные и контейнерного типа), склады временного содержания, в которых не предусматривается постоянное пребывание людей;

б) сооружения с ограниченными сроками службы и пребыванием в них людей.

Класс сооружений КС-2:

здания и сооружения, не вошедшие в классы КС-1 и КС-3.

Класс сооружений КС-3:

а) здания и сооружения особо опасных и технически сложных объектов.

Примечание 1 — Перечень (или классификация) опасных и технически сложных объектов устанавливается национальным законодательством.

Примечание 2 — Для отдельных зданий и сооружений опасных производственных объектов допускается устанавливать класс КС-3 в том случае, если

- на них не предусматривается постоянных рабочих мест и

- они не относятся к классу КС-1 по другим критериям;

б) все сооружения, при проектировании и строительстве которых используются принципиально новые конструктивные решения и технологии, которые не прошли проверку в практике строительства и эксплуатации;

в) объекты жизнеобеспечения городов и населенных пунктов;

г) тоннели, трубопроводы на дорогах высшей категории или имеющие протяженность более 500 м;

д) строительные объекты высотой более 100 метров;

е) пролетные строения мостов с пролетом более 200 метров;

ж) большепролетные покрытия строительных объектов с пролетом более 100 метров;

и) строительные объекты с консольными конструкциями более 20 метров;

к) строительные объекты с заглублением подземной части более чем на 15 метров.

Примечание — В нормах проектирования отдельных типов сооружений (мостов, резервуаров и других) допускается устанавливать иные классы соответствующих сооружений.

Таким образом, в соответствии с [6], НТС зданий и сооружений, в том числе и ГМ, должен предусматриваться для объектов с уровнем ответственности КС-3.

Более точное распределение объектов ГМ, нам показывает нормативная база [3,7], причем, опираясь на информацию, изложенную в ГОСТе [6].

В соответствии с [3,7] ГМ должен проводиться для объектов нового строительства и реконструкции геотехнических категорий 2 и 3. Для категории 1 же ГМ допускается проводить по специальному заданию.

Геотехническая категория, которая представляет собой категорию сложности геотехнического проектирования объекта, определяемую в зависимости от уровня ответственности объекта и сложности инженерно-геологических условий площадки строительства [7], назначается согласно таблицы Б.1 [3] (таблица 1).

Таблица 1 – Геотехнические категории объектов строительства подземных коммуникаций

Категория сложности инженерно-геологических условий	Геотехническая категория объекта при уровне его ответственности		
	повышенном	нормальном	пониженном
I (простая)	2	2	1
II (средняя)	3	2	1
III (сложная)	3	3	2
«1», «2», «3» - простая, средней сложности и сложная геотехнические категории соответственно			

Категория сложности инженерно-геологических условий подбирается согласно таблицы 2, в соответствии (аналог) таблицы Г.1 [9].

Таблица 2 – Категории сложности инженерно-геологических условий

Фактор	Категория сложности инженерно-геологических условий		
	I (простая)	II (средняя)	III (сложная)
Геоморфологические условия	Площадка (участок) в пределах одного геоморфологического элемента. Поверхность горизонтальная, нерасчлененная	Площадка (участок) в пределах нескольких геоморфологических элементов одного генезиса. Поверхность наклонная, слабо расчлененная	Площадка (участок) в пределах нескольких геоморфологических элементов разного генезиса. Поверхность сильно расчлененная
Геологические в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой	Не более двух слоев грунтов различных подвидов, залегающих горизонтально или слабо наклонно (уклон не более 0,1). Мощность выдержана по простиранию.	Не более четырех слоев грунтов различных подвидов, залегающих наклонно или с выклиниванием. Мощность изменяется закономерно.	Более четырех слоев грунтов различных подвидов. Мощность резко изменяется. Линзовидное залегание слоев. Значительная степень неоднородности по

	Незначительная степень неоднородности слоев по показателям свойств грунтов, закономерно изменяющихся в плане и по глубине. Скальные грунты залегают с поверхности или перекрыты маломощным слоем нескальных грунтов	Существенное изменение характеристик свойств грунтов в плане или по глубине. Скальные грунты имеют неровную кровлю и перекрыты нескальными грунтами	показателям свойств грунтов, изменяющихся в плане или по глубине. Скальные грунты имеют сильно расчлененную кровлю и перекрыты нескальными грунтами. Имеются разломы разного порядка
Гидрогеологические в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой	Подземные воды отсутствуют или имеется один выдержанный горизонт подземных вод с однородным химическим составом	Два или более выдержанных горизонтов подземных вод, местами с неоднородным химическим составом или обладающих напором и содержащих загрязнение	Горизонты подземных вод не выдержаны по простиранию и мощности, с неоднородным химическим составом или разнообразным загрязнением. Местами сложное чередование водоносных и водоупорных пород. Напоры подземных вод и их гидравлическая связь изменяются по простиранию
Геологические и инженерно-геологические процессы, отрицательно влияющих на условия строительства и эксплуатации зданий и сооружений	Отсутствуют	Имеют ограниченное распространение и (или) не оказывают существенного влияния на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов	Имеют широкое распространение и (или) оказывают решающее влияние на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов

Не менее важным является то, что стандарт [3] считает необходимым проведение ГМ сооружений окружающей застройки, в том числе подземных инженерных коммуникаций, в случае их расположении в зоне влияния нового строительства или реконструкции (в том числе прокладки подземных инженерных коммуникаций), размеры которой определяются по результатам геотехнического прогноза.

Исходя из действующих нормативов, ГМ должен проводиться, не только

для уникальных зданий и сооружений, но и для всех зданий от уровня ответственности КС-2 до КС-3, можно даже сказать от «уникальных до рядовых» (объект рядовой – объекты уровней ответственности КС-2, КС-1 или не относящиеся к уникальным). Объекты уровня ответственностью КС-1 – в случае специального задания. Хотя и с юридической точки зрения, проведение подобного мониторинга закреплено Федеральным законом [35], но проведение ГМ несет лишь добровольный характер [91,92], т.е. на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона [35]. [8]

В жизни мы имеем проблему, того, что ГМ объектов в принципе выполняется редко (игнорируется), не говоря о Республики Хакасии, с чем и соглашаются авторы статей [40,41]. В основном ГМ осуществляется тогда, когда в зданиях уже появляются аварийные ситуации или иные проблемы.

Суть вопроса состоит в том, что и нормативная составляющая (рекомендации) больше направлены на сложное строительство с использованием сложного оборудования. Также большинство современных специалистов и ученых не могут обойтись без использования специфического оборудования мониторинга. Стоит отметить, что эти же специалисты признают несовершенство такого оборудования, в связи с случаями отказа систем мониторинга. Развивая идею использования ГМ на объектов «рядовых», мы понимаем, что нам не нужно будет иметь настолько дорогостоящее и сложное оборудование, тем более если речь идет о строго ограниченном бюджете. Поэтому, отечественный опыт применения ГМ для объектов «рядовых», с нашей точки зрения, представляет практический интерес.

1.1.6 Вопрос применения геотехнического мониторинга как метода контроля

Ниже в таблице 3 и 4, по [2] представлены минимальные требования к контролю качества проектирования, а также минимальные требования к контролю качества строительно-монтажных работ.

Таблица 3 - Контроль качества проектирования

Класс сооружений	Уровень ответственности	Контроль качества проектирования
КС-3	Повышенный	Независимый контроль, осуществляемый организацией отличной от той, которая разрабатывала проект
КС-2	Нормальный	Контроль внутри организации, которая разрабатывала проект, лицами, которые не участвовали в разработке проекта
КС-1	Пониженный	Самопроверка: проверка проводится лицами, которые разрабатывали проект

Таблица 4 - Контроль качества строительно-монтажных работ

Класс сооружений	Уровень ответственности	Контроль качества строительно-монтажных работ

КС-3	Повышенный	Контроль третьей стороной
КС-2	Нормальный	Контроль в соответствии с правилами организации осуществляющей строительство
КС-1	Пониженный	Самоосвидетельствование

В настоящее время в строительной индустрии существует большое количество различных проверок, призывающих, во-первых, к контролю соответствия выполненных работ к разработанной проектной документации, и, во-вторых, осуществляющие проверки качество выполняемых работ. Ниже, опираясь на Градостроительный кодекс РФ [55], а также на СП «Здания и сооружения. Правила проведения геотехнического мониторинга при строительстве» [7], представлены несколько основных видов строительного контроля (таблица 5).

Таблица 5- Виды строительного контроля

Название контроля	Цель контроля
Строительный контроль	Проверка соответствия выполняемых работ проектной документации, требованиям технических регламентов, результатам инженерных изысканий, требованиям к строительству, реконструкции объекта капитального строительства, установленным на дату выдачи представленного для получения разрешения на строительство
Государственный строительный надзор	Проверка соответствия выполняемых работ и применяемых строительных материалов и изделий в процессе строительства, а также результатов таких работ требованиям проектной документации и (или) информационной модели Проверка соответствия требований наличия разрешения на строительство Проверка соответствия требований, установленных, к обеспечению консервации объекта капитального строительства; Проверка соответствия требований к порядку осуществления строительного контроля
Эксплуатационный контроль	Осуществление периодических осмотра, контрольных проверок и (или) мониторинга состояния оснований, строительных конструкций, систем инженерно-технического обеспечения и сетей инженерно-технического обеспечения в целях оценки состояния конструктивных и других характеристик надежности и безопасности зданий, сооружений, систем инженерно-технического обеспечения и сетей инженерно-технического обеспечения и соответствия указанных характеристик требованиям технических регламентов, проектной документации.
Геотехнический мониторинг	Целью геотехнического мониторинга является обеспечение безопасности строительства и эксплуатационной надежности объектов нового строительства или реконструкции, включая здания и сооружения окружающей застройки, за счет своевременного выявления изменения контролируемых параметров конструкций и грунтов оснований, которые могут привести к переходу объектов в ограниченно работоспособное или аварийное состояние.

Подразумевается, что строительный контроль призван решить ряд

важных задач. Одной из таких является качество строительной продукции. Основная проблема в том, что нет контроля непосредственно над выполнением работ. В добавок, частое привлечение неквалифицированной рабочей силы, только усугубляет ситуацию. При своевременном контроле, конечно же можно было бы избежать временные издержки и затраты на переделку. Но контролировать всё и везде – очень трудная и кропотливая работа. Именно из-за проблем с организацией контроль как таковой упраздняется или делается условным. [56]

Разбирая, понятие эксплуатационного контроля, мы понимаем, что по определению, с ГМ, они очень схожи. Различия, заключается в том, что эксплуатационный контроль затрагивает лишь стадию эксплуатации. ГМ же может затрагивать все стадии жизненного цикла объекта (рис. 2). Реали показывают, что эксплуатационный контроль также очень условен, ограничиваясь, в большинстве случаев, лишь визуальным осмотром.



Рисунок 2 – Стадии применения ГМ

Поэтому введение ГМ, даже как метода контроля, улучшит надежность и безопасность строительного процесса в целом, ведь для ГМ будут привлекаться специализированная организация (3-ие лица).

1.1.7 Пример геотехнического мониторинга

На основе [78, 88-90] был рассмотрен конкретный пример ГМ объекта, находящегося в Республики Хакасия в с. Аскиз.

Проблема объекта, заключалась в том, что в период эксплуатации конструкции сооружений начали сильно деформироваться. Объект сооружены на сильно-пучинистых грунтах. Конструкциями, которые получили деформации:

- незагруженные сваи-колонны;
- отмостка;
- полы.

Стоит отметить, что деформации несли уже аварийный характер.

ГМ, проведенный на объекте складов в селе Аскиз, в итоге показал, что причиной всех деформаций стало несоблюдение технологии строительства (не использованы антипучинные мероприятия), которые были заложены в проекте геотехником. Мониторинг проводится уже в течение 39 лет, и в настоящее время продолжается.

Существует аналогичный проект складов гражданской обороны на станции «Оросительная». Стоит отметить, что в эти склады были первым объектом, где реализована комплексная конструкция противопучинной оболочки, показанном на рисунке 22, по авторскому свидетельству на изобретение 1101498 (Халимов, Лукьянов Н.). Данный объект мы привели для сравнения, ведь при строительстве указанных сооружений технологии были соблюдены [90].

Роль ГМ:

Во-первых, проведенный ГМ, путем наблюдений, исследований установил причины деформации конструкции.

Во-вторых, при помощи данных ГМ были разработаны рекомендации по остановке, устранению проблемы и повышению безопасности здания.

На данном этапе - эксплуатации, хоть и здания являются по факту аварийными, ГМ позволяет им, оставаться ограниченно-работоспособными, в следствии постоянного мониторинга и эксплуатации при сопровождении специалистов. Любые изменения строго фиксируются и мониторятся.

Стоит также отметить, что на данном этапе при помощи данных мониторинга еще и составлен проект реконструкции данных зданий.

Выводы по ГМ по объектам складов в с.Аскиз:

- По объектам складов в Аскизе и на станции Оросительная многолетние наблюдения (39 и 41 год) за объектами на пучинистых грунтах показали надёжность противопучинной оболочки на станции Оросительная.

- Невыполненные противопучинных мероприятия в Аскизе привели к деформированию незагруженных свай - колонн (фахверковых) северного торца здания тёплого склада.

- На холодном (неотапливаемом) складе подъём полов и отмостки приводит к подъёму стеновых панелей и наклону хомутов. Такие неравномерные деформации способствуют переводу объекта в аварийное состояние, однако ГМ гарантирует его эксплуатацию в ограниченно работоспособном состоянии.

- Другим более важным эффектом мониторинга является получение результатов наблюдений за возможностью прогноза за живучестью объекта на сильно пучинистых грунтах без противопучинных мероприятий

1.2 Патентный поиск по теме исследования

Мною также был произведен патентный поиск по тематике магистерской диссертации. Стоит отметить, что в направлении ГМ очень плотно занимаются. При поиске патентов были найдены патенты от приборов для ГМ до различных

патентов про новых методов ГМ. Ниже в таблице 6 представлен патентный поиск с действующим статусом.

Таблица 6 – Патентный поиск

№ п/п	Номер патента (заявки), дата публикации, авторский коллектив	Описание
1	<p>RU 2 714 854 C1 (2019126423), Опубликовано: 19.02.2020 Бюл. № 5, Авторы: Завьялов Игорь Евгеньевич (RU), Кочуров Вячеслав Борисович (RU), Савин Антон Игоревич (RU) Статус: действующий</p>	<p>Название: Угловый отражатель для геотехнического мониторинга</p> <p>Содержание: Предлагают прибор для геотехнического мониторинга потенциально опасных участков в районах прохождения трасс магистральных газопроводов с целью своевременного выявления смещений земной поверхности и возможных геодинамических воздействий на магистральный газопровод для выработки мер по предупреждению аварийных ситуаций. Прибор реализуется с использованием технологии космической радиолокационной интерферометрии с угловыми отражателями. Также описываются, характеристики прибора, особенности, устройство и представлен пример производства работы с прибором.</p>
2	<p>RU 2 743 547 C1 (2020132560), Опубликовано: 19.02.2021 Бюл. № 5, Авторы: Потапов Анатолий Иванович (RU), Шихов Александр Игоревич (RU) Статус: действующий</p>	<p>Название: СПОСОБ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ, СЛУЖАЩИХ ОСНОВАНИЕМ ДЛЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ</p> <p>Содержание: Изобретение относится к геотехническому мониторингу многолетнемерзлых грунтов и предназначено для прогнозирования критических осадок фундаментов зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах. В патенте приводятся различные пример других патентов мониторинга различных конструкций (описывая их и указывая недостатки). Поясняется способ проведения мониторинга и указываются необходимые для этого элементы.</p>
3	<p>RU 2 739 288 C1 (2020109421),</p>	<p>Название: УСТРОЙСТВО ДЛЯ МОНИТОРИНГА</p>

	<p>Опубликовано: 22.12.2020 Бюл. № 36, Авторы: Ларёв Павел Николаевич (RU), Манзырев Дмитрий Владимирович (RU), Можейко Андрей Геннадьевич (RU), Саитов Андрей Радионович (RU), Жабин Владислав Юрьевич (RU) Статус: действующий</p>	<p>ДЕФОРМАЦИЙ ГРУНТОВ В КРИОЛИТОЗОНЕ</p> <p>Содержание: Изобретение относится к области строительства и может быть использовано для контроля деформаций оснований фундаментов промышленных и гражданский объектов, строящихся и эксплуатируемых в суровых климатических условиях Крайнего Севера при освоении газовых и нефтяных месторождений. Поясняется как, где, для чего и зачем применяется такой способ. Указаны элементы необходимые для данного мониторинга.</p>
4	<p>RU 2 764 875 C1 (2021110562), Опубликовано: 21.01.2022 Бюл. № 3, Авторы: Петухов Аркадий Александрович (RU), Матвеев Андрей Вадимович (RU), Арзамасцев Сергей Александрович (RU) Статус: действующий</p>	<p>Название: ГРУНТОВЫЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ РЕПЕР</p> <p>Содержание: В патенте описывается устройство и для чего нужен репер. Также приведен пример патента протитипа. Указаны недостатки протитипа. О описывается сравнение, чем новый репер отличается от старого. Приведен чертеж.</p>
5	<p>RU 2 413 055 C1 (2009139879/03), Опубликовано: 27.02.2011 Бюл. № 6, Авторы: Братанчук Александр Иванович (RU), Люлин Борис Николаевич (RU), Пушкарев Александр Евгеньевич (RU), Шубарев Валерий Антонович (RU) Статус: действующий</p>	<p>Название: СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ОСАДОК ФУНДАМЕНТОВ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ</p> <p>Содержание: Изобретение относится к геологии и строительству и может быть использовано при мониторинге в автоматическом режиме и в натуральных условиях измерения осадок фундаментов зданий и других строительных конструкций в течение всего периода их эксплуатации. Изобретение относится к геологии и строительству и может быть использовано при мониторинге в автоматическом режиме и в натуральных условиях измерения осадок фундаментов зданий и других строительных конструкций в течение всего периода их эксплуатации. Приводятся примеры различных способов контроля и сравниваются с данным патентом. Описывается реализация способа и что для этого необходимо.</p>

6	<p>RU 2 733 098 C1 (2019133746), Опубликовано: 29.09.2020 Бю л. № 28, Авторы: Шайдуров Георгий Яковлевич (RU) Статус: может прекратить свое действие</p>	<p>Название: СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ В РАЙОНАХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ</p> <p>Содержание: Изобретение относится к области измерительной техники и может быть использовано для оценки состояния и целостности свайных опор строений и контроля влажности вмещающего грунта в районах вечной мерзлоты. Предложена система автоматизированного мониторинга свайных фундаментов строительных сооружений в районах вечной мерзлоты. Приводится содержание устройства, рисунок. Также описываются аналоги и сравниваются с данным патентом.</p>
---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

1.3 Вывод

По результатам обзора, прочитанной литературы по теме магистерской диссертации, можно сказать, что вопросом ГМ занимались и занимаются в настоящее время. Стоит отметить, что ГМ, по мнению многих ученых, является очень важным процессом на всех стадиях жизненного цикла объектов. Уже существует большое количество различных методов, принципов, способов геотехнического мониторинга. Но в основном направленность ГМ при новом строительстве заключается на объекты «непростые». Поэтому, я считаю важным, заняться вопросом развития мониторинга, усовершенствования методов, систем, принципов и способов его – в направлении объектов «рядовых» (дифференцированно для объектов разного уровня ответственности). Ведь в повышении надежности зданий и сооружений также нуждаются и здания «рядовые».

Также отмечу, что развитие НМ, путем усовершенствования ГМ, очень интересное направления для рассуждения, которым мы параллельно занимаемся. Ведь в практике строительства объектов Республики Хакасии опыта применения наблюдательного метода и в принципе геотехнического мониторинга мал.

II Методология исследований

2.1 Общие сведения

Вопрос «исследования и совершенствование научно-технического сопровождения оснований и фундаментов в РХ» сам под собой подразумевает проведение экспериментальных опытов и аналитических анализов,

позволяющих оценить взаимосвязь, необходимость и значимость опытов для объекта исследования. Поэтому методика проведения эксперимента включает в себя натурные испытания и численные вычисления.

В качестве экспериментальных площадок было выбрано несколько объектов, находящиеся в разных, отличающиеся друг от друга местностях.

Этими объектами являются:

- Подвал корпуса Б ХТИ-филиала СФУ;
- Участок дороги Абакан-Подсинея перед мостом;
- Отель базы «Гладенькая»;
- Склад рыбного хозяйства;
- Торговый комплекс «Владимирский» на пересечении улицы Некрасова-Советская.

Для каждого объекта, как в отдельности, так и в совокупности необходимо сформировать программу эксперимента. Ниже представлена общая программа эксперимента.

Программа эксперимента:

1. Анализируя методы и методики исследования, осуществить выбор технических средств и методов проведения исследований.
2. Выбор объектов исследования.
3. Подготовить площадки объекта для исследования.
4. Произвести мониторинг. (Исследование проводится с использованием экспериментальных методов определения оценки состояния здания)

Экспериментальные методы включают в себя:

- методы визуального наблюдения за деформациями
- геодезические методы наблюдения за состоянием объекта.
- методы изучения геофизических данных грунтов, грунтовых вод, находящиеся в районе эксплуатации объектов.

5. Обработка экспериментальных данных аналитическими и численными методами.

6. Анализ и визуализация экспериментальных данных с применением компьютерных программ, таких как «Microsoft Excel» и «Archicad».

7. На основе всех полученных данных обосновать важность ГМ и разработать рекомендации по применению ГМ для «рядовых» объектов.

Целью проведения мониторинга, конечно же, является получение необходимых данных о состоянии объекта и состоянии основания, на котором располагается объект.

Каждая экспериментальная площадка имеет как схожие способы мониторинга, так и индивидуальные, специализированные методы. Ниже в подразделах методы указаны.

2.2 Подвал корпуса Б ХТИ-филиала СФУ

Экспериментальная площадка, расположенная по адресу: Республика

Хакасия, г. Абакан, ул. Комарова, 15. (подвал корпуса Б ХТИ-филиала СФУ), выступает в качестве площадкой для исследования и изучения гидрогеологического метода мониторинга, а именно мониторинг за грунтовыми и поверхностными водами.

Стоит отметить, что для измерения уровня грунтовых вод, уже, до моего участия в исследовании, была сооружена конструкция обсадной трубы с чертежами самых первых замеров.

Было решено актуализировать замеры и обновить чертежи конструкции скважины.

Необходимые задачи для исследования:

- Скорректировать чертежи наблюдательной скважины;
- Вести мониторинг грунтовых и поверхностных вод;
- Проанализировать полученные результаты;
- Составить график динамики изменения уровня грунтовых и поверхностных вод.

2.3 Участок дороги Абакан-Подсинее перед мостом

Данная экспериментальная площадка, является основной в изучении ГМ. Планируется проведение ГМ для предупреждения, предотвращение, в случае возобновления, оползневого процесса, который стал причиной для реконструкции участка дороги в 2021 г.

На данной площадке используем гидрогеологические методы (измерения уровня грунтовых вод), визуальные методы, геодезические методы (фиксация кренов и сдвигов объекта) и параметрические методы мониторинга.

Для проведения мониторинга на данном участке необходимо:

- Соорудить наблюдательный колодец на твердом основании;
- Сделать обсадную трубу, для ведения наблюдений за уровнем грунтовых вод;
- Создать систему марок;
- Проводить визуальный осмотр и вести фотоотчет.

Кроме вышеперечисленных действий, обязательным пунктом, является изучение документации, ранее составленной, о данном участке. Особое внимание стоит уделить геологическим данным.

В итоге, анализируя результаты, получаем динамику, осуществляемых измерений. При отрицательной, разрабатываются меры по устранению, при положительной – продолжаем вести мониторинг.

Контролируемыми параметрами в процессе мониторинга:

- Угол наклона дорожного полотна;
- Уровень грунтовых вод;
- Образование трещин на марках и стенах конструкции наблюдательного колодца;
- Крены и сдвиги колодца и наблюдательной скважин;
- Перемещения слоев и состоянием окружающего массива грунта;

- Осадки, крены и колебания грунта.

2.4 Отель базы Гладенькая

Отель на базе отдыха «Гладенькая», отличается причиной необходимости ведения ГМ. Если же на участке дороге, мы используем ГМ для предупреждения о возможной надвигающейся беде, то в отеле мониторинг требуется для того, чтобы выявить причины, из-за чего плитка на полах в подвале «отщелкивается» и из-за чего отмостка здания дает достаточно большую просадку.

Используются визуальные, геодезические, параметрические и гидрогеологические методы мониторинга.

Необходимые мероприятия:

- Изучить документацию по зданию отеля;
- Выкопать шурф;
- Изучить состав грунта под фундаментами и полами здания;
- Провести демонтажные работы по отмостке;
- Проанализировать внешнее состояние фундаментов под отмосткой;
- Вести слежение за уровнем грунтовых вод по установленным скважинам;
- Проводить визуальный осмотр и вести фотоотчет;
- Проанализировать полученные результаты;
- Составить проект/рекомендации по устранению причин проблемы.

2.5 Склад рыбного хозяйства

Склад рыбного хозяйства, на подобие, как и отель на базе отдыха «Гладенькая», уже после случившихся деформаций, разрушений подвергается ГМ. Если в отеле речь идет только об ограждающих конструкциях и об отделке, то на складе, кроме как деформациях в полах, разрушению подверглись и несущие конструкции, такие как вертикальные связи между колоннами (их срезало).

Для определения причин деформаций необходим ГМ. Используются визуальные, геодезические, параметрические и гидрогеологические методы мониторинга.

Во-первых, необходимо изучить имеющую документацию об объекте, а также провести визуальный осмотр с видео/фото фиксацией.

Следующим этапом является изучение грунтов и фундаментов, путем выкапывания шурфов вблизи фундаментов колонн.

Также стоит, обратить свое внимание на дренажную систему участка, куда уходят осадки.

Таким образом, все данные по проведенным работам должны нам дать причины формирования деформаций, на основе которых уже будут приняты мероприятия по составлению проекта/рекомендаций по их устранению.

2.6 Торговый комплекс «Владимирский» на пересечении улицы Некрасова-Советская

На экспериментальной площадке подвала торгового комплекса «Владимирский» на пересечении улицы Некрасова-Советская в городе Абакан существует проблема затопления подвала, из-за чего эксплуатация подвала невозможна. Используются визуальные, геодезические, параметрические и гидрогеологические методы мониторинга.

Для подготовки к мониторингу и для проведения самого мониторинга необходимо:

- Проанализировать документацию об объекте, а также о расположении инженерных сетей, находящиеся в близости объекта;
- Провести визуальный осмотр с видео/фото отчетом;
- Пометить места, возможно найденных деформаций, вести мониторинг за ними;
- Изучить состав основания под фундаментами, путем устройства шурфа или анализа геологических данных здания;
- Провести наблюдения за верховодкой и грунтовыми водами;
- Изучить водоотводящую систему вокруг здания;
- Группировать выводы, при необходимости составить рекомендации по устранению проблемы.

2.7 Вывод

Главной миссией всех вышеперечисленных экспериментов, является получение знаний о том, как мониторинг повлиял и повлияет на дальнейшую жизнь, качества объекта. Т.е. мы должны получить выводы, что:

- Использование ГМ, является необходимой частью при строительстве и эксплуатации всех зданий и сооружений зданий и сооружений, «от уникальных до простых»;
- Использование любого метода, как отдельно, так и совместно, дают нам бесценные данные, которые мы можем использовать не только в период строительства и эксплуатации, но также, которые могут нам помочь при реконструкции объекта. Такими данными, например, являются картины о состоянии оснований и фундаментов;
- ГМ повышает качество строительства и надежность зданий и сооружений, а также помогает предотвратить, решить проблемы в непредвиденных ситуациях, предупреждая о возникновении аварийных ситуациях;
- Пополнить материальную базу Республики Хакасии и города Абакана о состоянии грунтов, уровней грунтовых вод и т.п.

3. Экспериментальная часть

3.1 Подвал корпуса Б ХТИ-филиала СФУ

Город Абакан, являющийся столицей Республики Хакасии, за свое существование несколько раз подвергался затоплениям. Так в 1969 году город был подвержен затоплению. В 2014 и 2021 годах также были зафиксированы опасные паводковые ситуации. Стоит отметить, что паводки 2021 г. были дополнены осенними осадками, приведшими к подъему уровня грунтовых вод, даже превышающими весенний паводок.

Главной причиной затопления территории являются пиковые значения атмосферных осадков, выпадаемых в первую очередь в горных районах, откуда идёт питание основных рек: Абакана и Енисея.

Обзор литературы по причинам и последствиям подтопления показывает, что создание искусственных гидротехнических сооружений, например, водохранилища, имеют существенное влияние, приводящих к нарушениям естественного уровня грунтовых вод и к снижению характеристик грунтов (в особенности в слое сезонного промерзания) [103-106].

Так, например, в селе Новокурское вблизи Саяногорска (в сорока километрах от плотины Саяно-Шушенской гидроэлектростанции) уровень грунтовых вод на верхней точке холма поднялся до отметки 1,5 метра от дневной поверхности. В тоже время в нижней части села в километре от верхней точки жители копают колодцы до 13 метров. В период проведения инженерно-геологических изысканий для проектирования детсада в этом селе уровень грунтовых вод зафиксирован на глубине 4,5 метра от природной отметки, но в процессе строительства при разработке грунтов в траншее глубиной 3 метра для прокладки водопровода воду вскрыли на одном из участков, и она по траншее заполнила пятно застройки детсада, поднявшись на два метра по отношению к природному залеганию.

В Краснодаре строительство водохранилища привело к поднятию уровня грунтовых вод и дополнительным деформациям (просадка, суффозия) зданий, обеспечиваемая снижением характеристиками грунтов. [107]

Самый ближайший пример: при строительстве дороги Абакан-Минусинск через Братский мост выемка грунта вблизи дач, запитанных водой из Енисея, привела к образованию оползневых процессов. Обследования дачного массива, расположенного выше дороги и оползневых участков, показало на формирование маленьких водоёмов, из которых вода перемещается вниз по склону к выемке, где проходит автомобильная трасса. Аналогично перед мостом через Енисей у села Подсинее утечки из водопровода (дачного), провоцируют оползневые процессы в основаниях автомобильной дороги. [108]

Санкт-Петербургская фирма “G-Dynamik” по заданию Минприроды Республики Хакасия выполнила работу по определению границ зон затопления, подтопления на территории города Абакан республики Хакасия. Целью проведения инженерных изысканий, выполняемые этой фирмой, является получение необходимых полевых и камеральных гидрометеорологических, гидрогеологических и геологических материалов, достаточных для определения

границ зон затопления и подтопления города Абакан. Без сомнения, результаты работы этой организации для нас представили значительный интерес. Однако проведённые расчеты не учитывают формирование верховодки, что приводит к ошибочному утверждению о возможности подтопления. Сформировавшийся водоупорный горизонт представляет неприятности для Абакана вследствие формирования верховодки, но зато является надежным экраном при наводнении. Грунтовая вода снизу не проникает через слой водоупора и препятствует подтоплению. Тем самым в фондовых материалах инженерно-геологических изысканий не изучены детально погребенные слои гумуса и илистых грунтов, которые под нагрузкой намытого слоя превратились в водоупор.

Без сомнений, верховодки формируются на водоупором слое в период интенсивных атмосферных осадков. Водоупором для верховодки служит слой с пониженной водопроницаемостью любого происхождения [73,74]. Не смотря на тот факт, что средний показатель атмосферных осадков в городе Абакан составляет 276 мм, а суточный максимум осадков 76 мм, согласно СП 131.13330.2020 [97], тем не менее в городе Абакан имеется район, в котором повсеместно формируется такое явление, как верховодка [74]. Данный район был создан путём намыва земснарядом грунтовой массы из разрабатываемых дренажных каналов. Стоит отметить, что питание верховодки обеспечивается атмосферными осадками и утечками сетей водопровода, отопления и водоотведения. [98-100, 109].

Для того, чтобы получить данные о динамике колебания грунтовых вод, была сооружена пьезометрическая наблюдательная скважина с приемком в подвале корпуса «Б» ХТИ, находящемся в г. Абакан, ул. Комарова, д.15. Скважина выполнена с заострением и отверстиями у начала заострения. Погружена в разработанном приемке, через слой глинистого грунта, где выбран намывной галечниковый грунт и обнажена верховодка (рис. 3). [74] Заострение необходимо для легкого погружения трубы в грунтовые массы, отверстия у заострения – для запитки грунтовых вод в конструкцию трубы, питание которых обеспечивается рекой Абакан.

дренажных каналов, напрямую связанных с рекой Абакан. Данная гидросистема разработана Ленгидропроектом в 1972 после наводнения, которое произошло в 1969 году в городе Абакан. Сооруженная система дамб обеспечивает защиту города от наводнения. [74]

Измерение уровня верховодки осуществлялось относительно уровня верха трубы и уровня поверхности воды верховодки, при помощи обычной рулетки. Уровень грунтовых вод измерялся при помощи погружения в трубу упругого шланга меньшего диаметра. Шланг внедрялся в трубу до упора. После извлечения его из трубы, на шланге оставался след воды, который и фиксировался. Все данные фиксировались в журнале с примечаниями об осадках и уровнях воды в дренажных каналах.

Необходимо отметить, что на точке наблюдения в подвале корпуса ХТИ сформировалась линза водоупора, в связи с которой и образовалась верховодка.

На основе результатов наблюдений за динамикой колебаний верховодки и залегающих ниже созданного водоупора грунтовых вод, были построены графики динамики верховодки и грунтовых вод (рис. 4). Представленный график колебаний этих вод показывает, что между грунтовыми водами и верховодкой, отсутствует связь.

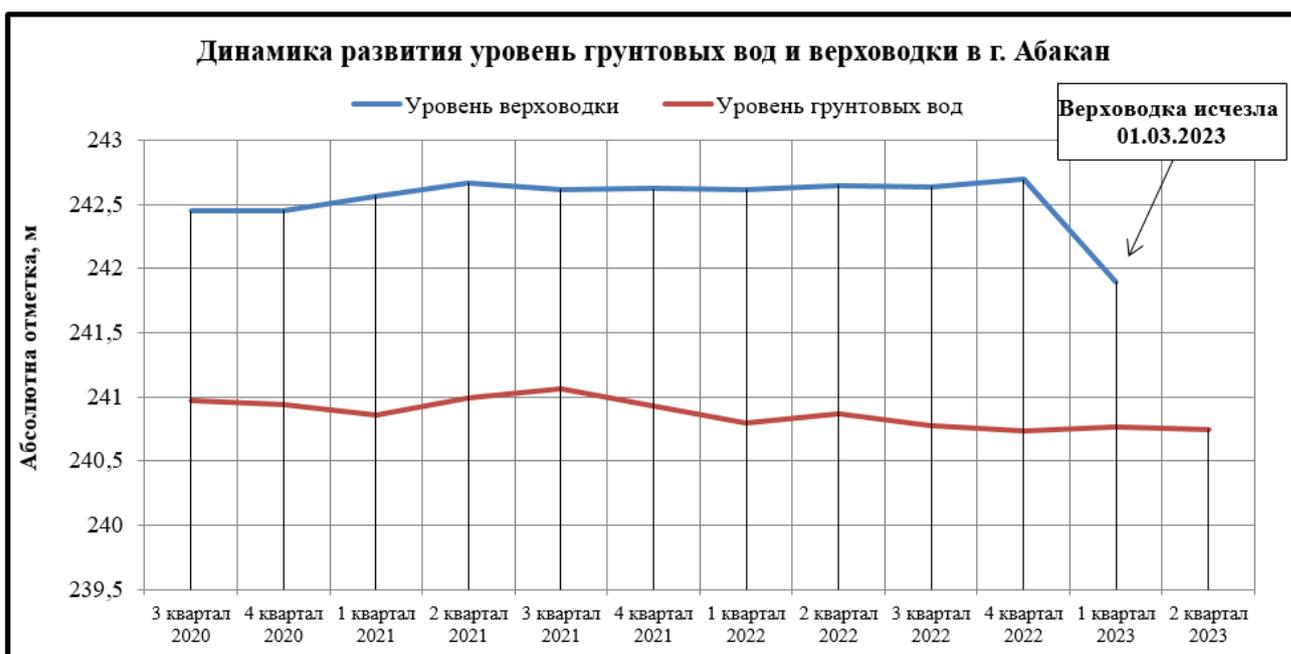


Рисунок 4 - График динамики верховодки и грунтовых вод

Проведённые исследования показали, что трёхметровые толщ намывного галечникового грунта приводят к уплотнению погребённого ниже слоя до состояния непроницаемости поверхностных вод. Тем самым, они не попадают в нижние слои. Анализ источников [79-82] пока не дал информации для аналогичных случаев. В то же время имеются работы [83], показывающие возможность цементации погребенного грунта. [74]

Стоит отметить, что 01.03.2023 г. нам удалось убедиться в формировании

верховодки, хотя поднимался вопрос о том, что это установившийся верхний слой воды. Такая гипотеза имела место быть, в связи с тем, что предполагаемая верховодка сохранялась в течение четырех лет. Однако малое количество атмосферных осадков в 2022-2023 годах, несмотря на прошедший паводок, совпавший с интенсивными дождями в июне 2023 г., не привел в этом году к образованию верховодки.

Таким образом сооруженная система мониторинга (пьезометрическая скважина в приямке подвала), не нуждается в дорогостоящем оборудовании и охранной сигнализации, долго будет давать результаты режимных наблюдений. Наблюдения за динамикой воды в подвале корпуса «Б» ХТИ-филиала СФУ помогут зафиксировать опасность в период появления верховодки. С 2019 года верховодка была, но вследствие малых осадков в 2022 и 2023 годах верховодка исчезла. Риск оползневых процессов возникнет в первую очередь при появлении верховодки

Нами был показан дешевый, простой метод изучения гидрогеологических составляющих грунта. Стоит отметить, что данный инструмент смог доказать появление верховодки. Нами делается особый акцент на верховодку, ведь многие строители, не считают ее опасной, но ниже (в следующих экспериментальных площадках) мы покажем к чему может верховодка привести. Этим мы только доказываем, что использование пьезометрической скважины как средство ГМ, может нам дать бесценные данные, которые необходимы для ведения строительства, повысят эксплуатационную надежность и которые расширят материальную базу о гидрогеологических условиях грунтов в городе Абакан.

3.2 Участок дороги Абакан-Подсинее перед мостом

Поэтому было принято, развить систему мониторинга, которая может подходить на два направления строительства, особенно на оползне опасных участках.

Работы Маця С.И. [39,94] послужили для меня толчком в изучении мониторинга оползневых процессов. Стоит отметить, что в моей среде проживания, существует яркий пример оползневого процесса на участке дороги Абакан-Подсинее, рассмотренный в работах [75-77].

В работах [75-77] геотехнический мониторинг рассматривался на этапах изысканий, проектирования и строительства. Затрагивая этап эксплуатации после реконструкции дороги, ставится задача – предупреждение аварийной ситуации, для недопущения развития оползневого процесса или иными словами обеспечение эксплуатационной надежности [110]. Существует опасность, что при выпадении значительных атмосферных осадков или иных источников замачивания, например, утечки из водопровода при поливе дачных участков выше по склону, появятся подвижки грунта.

Проблема заключалась в том, что движение воды по водоупорной глине, которая была зафиксирована на глубинах 6 - 7 метров, провоцировало оползневый процесс [77].

Почему инцидент может повториться? Для такого мнения существует ряд причин-гипотез:

- Фиксация в период строительства погребенного ручья и его захоронение без прокладки в нем дренажных систем.

- Между траншеями при выемке слабого грунта на крупнообломочный имеются участки с неполной их выборкой.

- В существующих дренажных колодцах отсутствует организованный отвод воды. Отвод воды осуществлен путем дренажа через грунт, под ж/д дорогу в сторону автомобильной дороги.

- Осуществлена неполная выборка текучей супеси, по которой происходит движение верхних масс грунта при подъеме грунтовых вод.

В результате этих причин существует риск образования поверхностей скольжения, которые могут образоваться при подъеме грунтовых вод, как это и было в период наводнений в 2014 г. и 2021 г. Эволюция участка дороги показана на рисунке 5 (до реконструкции, в момент реконструкции, после реконструкции).



Рисунок 5 - Эволюция участка дороги Абакан – Подсинее

Повышение уровня грунтовых вод в наблюдательном колодце, предупредит нас о том, что на этапе высокого подъема воды, необходимо более внимательно и чаще вести мониторинг.

Так как в основном подходы геотехнического мониторинга в строительстве зданий и сооружений и строительстве дорог схожи [95], то нами на основе литературного обзора [20, 21, 39, 102, 111-113] была предложена система, в которую входит:

1. Наблюдения, показывающие смещения грунтовых массивов на разных глубинах. Наблюдение осуществляется путем установки марок на всех уровнях стыков колец колодца (рис. 6,7). При возникновении смещений грунта, начнет двигаться колодец, соответственно деформации возникнут и на швах, что будет видно через марки. По маркам на данный момент никаких деформаций нет.

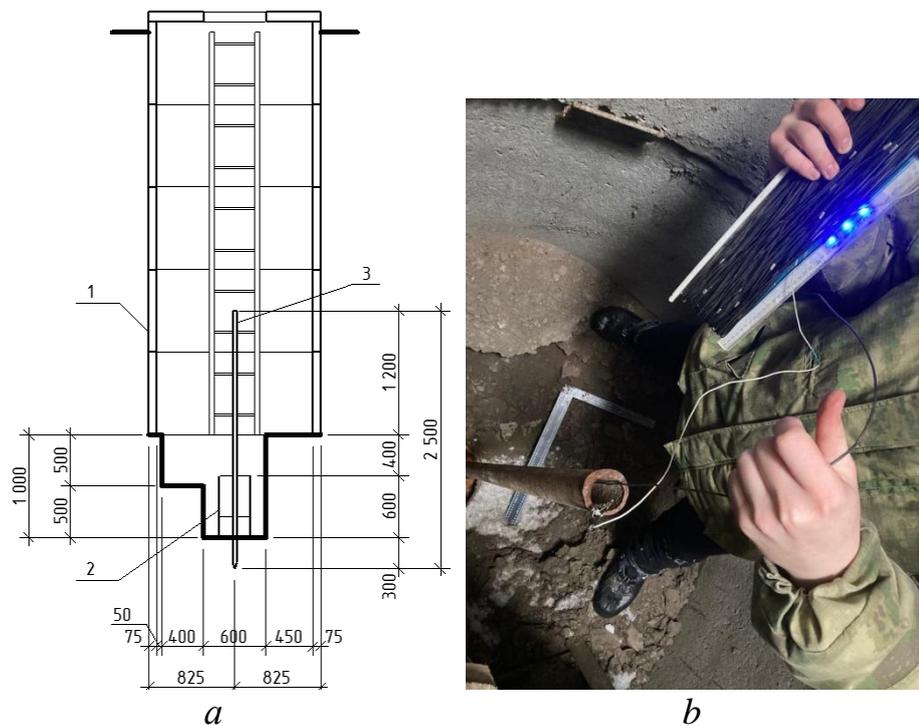


Рисунок 6 - Система марок на швах колец



Рисунок 7 – Маркирование нижних рядов колец

2. Гидрогеологические исследования динамики уровня грунтовых вод с использованием пьезометрической скважины, описанной ранее (рис. 8). Измерения осуществляются при помощи уровнемера воды. Стоит отметить, что динамика изменения уровня грунтовых вод отслеживается. Также обнаружено появление верховодки, вызванной атмосферными осадками, стекающими по стенке наблюдательного колодца и конденсационной водой с чугунного люка.



1 – ж/б колодец, 2 – прямик из стальной трубы, 3 – пьезометрическая скважина

Рисунок 8 - Пьезометрическая скважина в наблюдательном колодце: *a* - Конструкция наблюдательного колодца, *b* – производство измерений

3. Фиксация зазора между внутренней поверхностью стен колодца и концом направляющих приспособлений. Необходимо отметить, что обсадная труба, также является точкой слежения за смещением - репером. Было изготовлено приспособление на наблюдательной скважине, которое фиксирует зазор между внутренней поверхностью стенки колодца и концом приспособлений, закрепленных по сторонам света (рис. 9). Данное мероприятие позволит четко показывать смещение, если оно будет. Смещений на данный момент не наблюдается.



Рисунок 9 - Процесс измерения зазора

4. Мониторинг наклона земполотна и асфальтированной одежды производится дорожной рейкой (рис. 10). В настоящий период уклон составляет 60 промилей.



Рисунок 10 – Процесс измерения наклона дорожного полотна

Расположение наблюдательного колодца представлено на рисунках 11,12. (позициями 1 и 3 отмечены дренажные колодез, позицией 2 – наблюдательный колодез).



Рисунок 11 - Приближение автомобильной и железных дорог к мосту через Енисей



Рисунок 12 - Дренажные колодцы 1,3. Наблюдательный - 2

К лету 2023 г. деформации не были зафиксированы, однако стоит опасаться возобновления процесса лет через 5-6, когда начнется увеличение атмосферных осадков. На рисунке 13 видны данные по осадкам в городе Абакан с 2020 по 2022 годы. Комплекс данных, отраженных в работе [101], на примере Санкт-Петербурга, по городу Абакан отсутствует, поэтому были использован электронный ресурс базы данных Climate-Energy.ru.



Рисунок 13 - Данные по осадкам в городе Абакан (База данных Climate-Energy.ru)

Стоит отметить, что даже если мониторинг и в будущем не покажет деформаций, это только докажет, что проведенные работы по реконструкции (с учетом зафиксированных дефектов) будут полезны в практике дорожного строительства. Но в случае возникновения смещений, благодаря наблюдениям будет виден «тренд развития процесса» и будут приняты оперативные меры по

их предотвращению.

Таким образом сооруженная система мониторинга (наблюдательный колодец), не нуждается в дорогостоящем оборудовании и охранной сигнализации, долго будет давать результаты режимных наблюдений и предупреждать развитие оползневых процессов на участке дороги. Риск оползневых процессов возникнет в первую очередь при появлении верховодки

3.3 Отель базы Гладенькая

На объекте отель базы отдыха «Гладенькая», возникли множество деформаций, в связи с которыми необходимо было произвести мониторинг, для выявления причин. Деформации представлялись в виде:

- деформации полов, распространённые преимущественно в подвальной части здания, проявляются в отслаивании плитки от бетонных полов (рис. 14);
- отдельные деформации имеются в полах первого этажа;
- в стенах подвала (технического этажа), в особенности входные группы получили существенную деструкцию бетона с внутренней стороны (рис. 15).



Рисунок 14 - Подъём полов в подвальной части здания



Рисунок 15 - Ускоренная деструкция бокового входа в подвал

Если ускоренную деструкцию бетона входов в подвал объяснить можно: увлажнение бетона при проникновении воды под отмосткой и замораживание бетона зимой изнутри (выход всегда открыт), что приводит к увеличению объёма воды при превращении в лёд при замерзании на 9%. Это способствует развитию микротрещин, в которые в новом цикле промерзания - оттаивания проникает вода и продолжает разрывать структурные связи в бетоне.

Но процесс деформирования пола с отслоением плитки несколько сложнее: вода проникает под бетонный пол и при затруднениях в дренаже (инфильтрации, проникновении в ниже лежащие слои) с учётом постоянной подпитки сверху в период паводка (рис. 16) и интенсивных осадков оказывает давление на бетонный армированный пол снизу-вверх. В результате такого давления воды снизу происходит подъём полов в подвале вверх и плитка отщёлкивается.



Рисунок 16 - Вода с гор через трубу под дорогой бежит в сторону экокурорта

Главной проблемой деформирования полов изложена в обосновании необходимости исследования. Но не менее важным вопросом является установление причин проникновения воды под полы подвала. Были разработаны три рабочих гипотез:

1. Вода с крыши бежит под отмостку (рис. 17) и проникает под полы подвала, где задерживается на водоупоре - слое природной глины или суглинка. И эта сформировавшаяся верховодка при дополнительных атмосферных осадках оказывает давление на бетонные полы. При стоянии воды у отмостки столб воды составляет 2,5 метра. А это приводит к давлению:

$$p = h \cdot \rho = 2,5\text{м} \cdot 1\text{т/м}^3 = 2,5\text{т/м}^2,$$

1)

где h - высота столба воды;
 ρ - плотность воды



Рисунок 17 - Деформации отмостки

Этого давления достаточно, чтобы произошли деформации полов. К тому же армирование полов выполнено снизу, а при воздействии давления воды на нижнюю поверхность бетонных полов максимальный изгибающий момент находится в середине пролёта плиты. Но обвинения в адрес проектировщиков несостоятельны - они не предвидели брак в период строительства.

2. Проникновении воды под полы в подвале из прилегающего рядом болотца. Однако в период наших исследований уровень воды в болоте не был зарегистрирован (рис. 18)

3. Третьей версией подъёма воды складывалась в следствия возможной утечки воды из бассейна. Однако в период наших многократных поездок на исследуемый объект утечек не было зафиксировано.



Рисунок 18 - Пересохшее болотце

Стоит отметить, что центральный вход в объект находится ниже бетонной парковочной стоянки на 0,5-1,0 метр. Отмостка же справа и слева от центрального входа находится ещё ниже, чем подход к первой ступени.

Таким образом, в период интенсивных атмосферных осадков практически вся вода с прилегающей территории устремляется к центральному входу.

Водоотводной лоток, предназначенный для перехватывания в нижней части бетонной парковки, не справляется с потоком воды (рис. 19,20).



Рисунок 19 - водоотводной лоток в нижней части парковки



Рисунок 20 - Работы для топографической съёмки

Нами также были разработаны 4 шурфа, для проведения исследований.

Шурф 1 предназначен для отбора образцов и определения плотности в стороне от подошвы фундамента. Это необходимо знать, чтобы исключить влияние напряжённой зоны от нагрузки здания в грунте. После отбора образцов и определения плотности методом лунок на глубине 2 метра от пола подвала

установлена наблюдательная скважина (рис. 21). Произведена засыпка грунта в шурф с тщательным уплотнением.

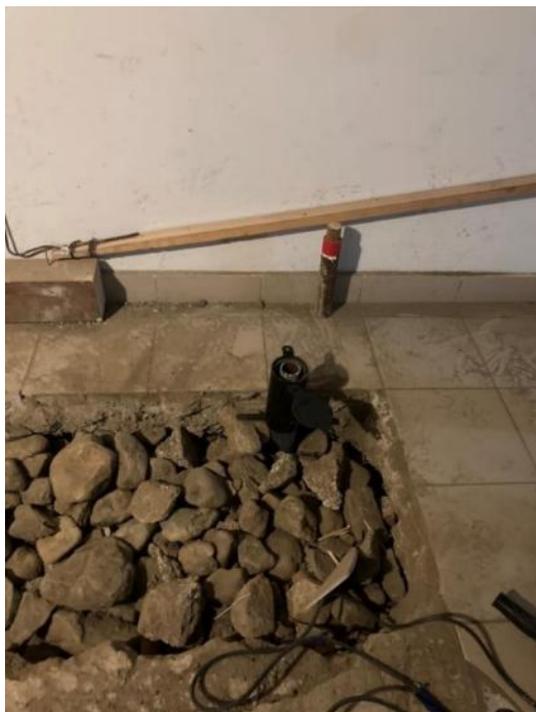
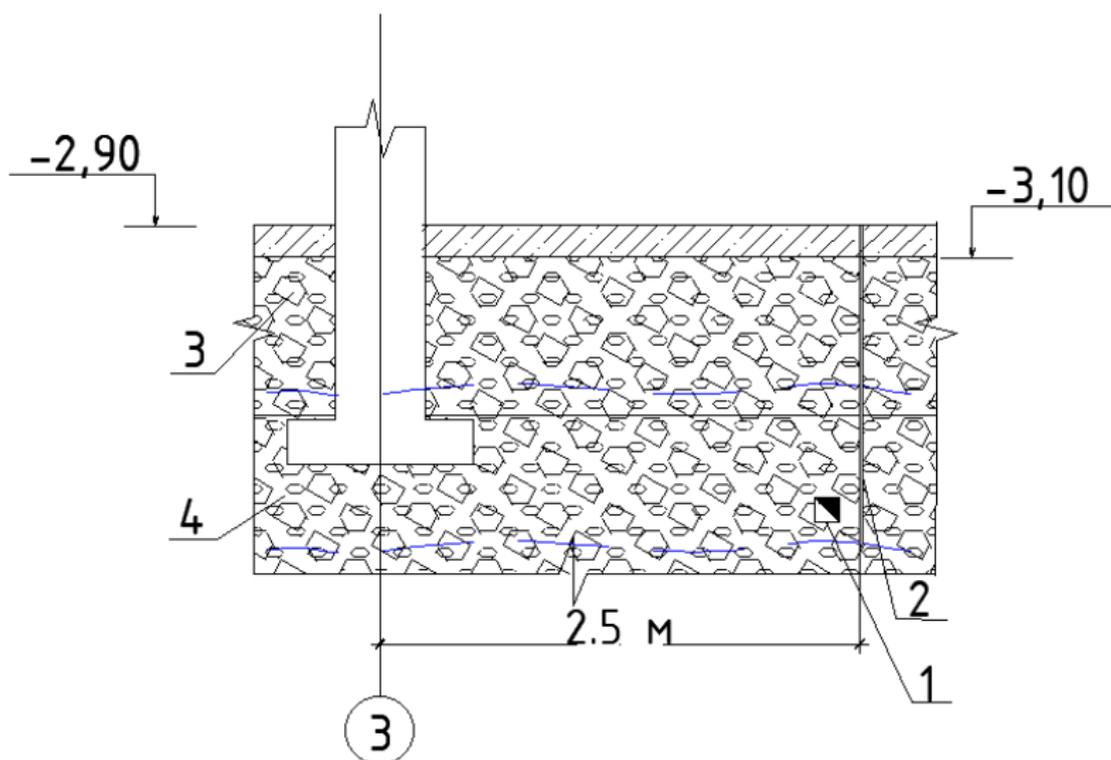


Рисунок 21 – Наблюдательная скважина в подвале (шурф 1)



Рисунок 22– Разделённые глыбы, извлечённые из шурфа №1

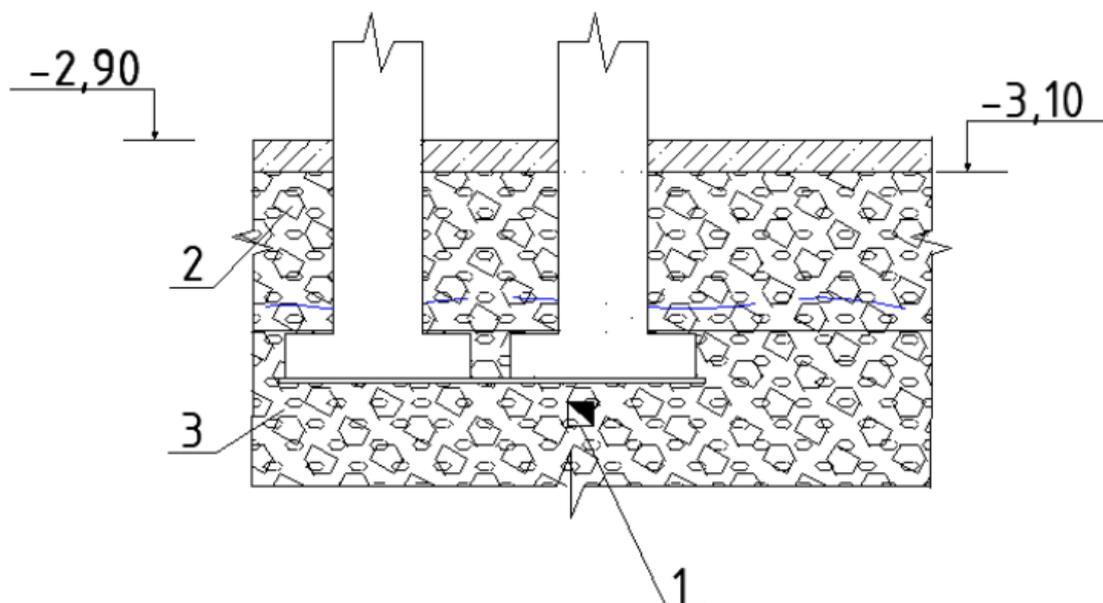


1 - определение плотности материала методом лунок; 2 - скважина; 3 - галечниковый грунт с глыбами и пустотами между ними; 4 - галечниковый грунт с глыбами с заполнением пустот рыхлым песком, связи с суффозионным выносом мелких фракций

Рисунок 23 – Инженерно-геологический разрез шурфа №1

Шурф 1 пройден через бетонный пол. Под бетоном полов находится галечниковый грунт с включениями глыб. Глыбы имеют размеры и соответственно массу, больше, чем возможно поднять двум шурфистам. Поэтому для их извлечения необходимо было разделять каждый на отдельные фрагменты (рис. 22). Необходимо отметить, что в первом метровом слое насыпного галечникового грунта с включениями глыб между этими включениями зафиксированы пустоты. На втором метровом слое также имеются пустоты, но состояние заполнителя рыхлое (рис. 23). Плотность грунтов по шурфу N₁ -2,18 т/м³ на глубине 2,0 метра.

Второй шурф, предназначенный для определения плотности грунтов под подошвой, пройден вплотную к телу фундаментов. Выше подушки фундаментов также как и в первом шурфе между галечниковым грунтом имеются пустоты (рис. 24).



1-определение плотности материала методом лунок; 2-галечниковый грунт с глыбами и пустотами между ними; 3-галечниковый грунт с глыбами с заполнением пустот рыхлым песком

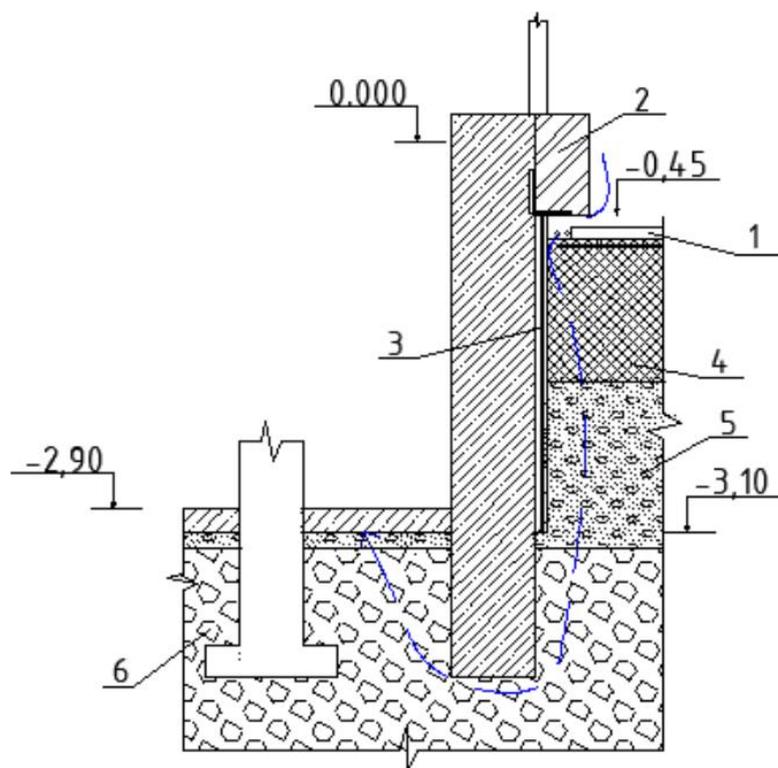
Рисунок 24 – Инженерно-геологический разрез шурфа №2

Под подошвой фундаментов плотность грунтов составляет 2,16 т/м³. Снижению плотности на наш взгляд способствовало, возможно, не проникновение мелких частиц грунтов при опускании уровня грунтовых вод-верховодки. Подошвы фундамента служили как бы зонтиком, под крышей которого не происходит заполнение пор вымываемыми из верхних горизонтов мелких фракции в результате механической суффозии (рис. 25)



Рисунок 25 – Отбор грунтов под подошвой фундаментов в осях «Б»; «В» - «3»

Третий шурф был пройден через отмостку и часть грунта, у внешней части стены объекта (рис. 26)



1 - бетонная отмостка армированная двумя стальными стержнями ϕ 12 мм без поперечной арматуры; 2 - бутовая кладка; 3 - утеплитель и деформированная гидроизоляция, прижатая сгнившими досками; 4 - строительный мусор с преобладанием известковой пыли; 5 - галечниковый грунт с песчаным наполнителем; 6-насыпной грунт (валуны)

Рисунок 26– Инженерно-геологический разрез шурфа №3

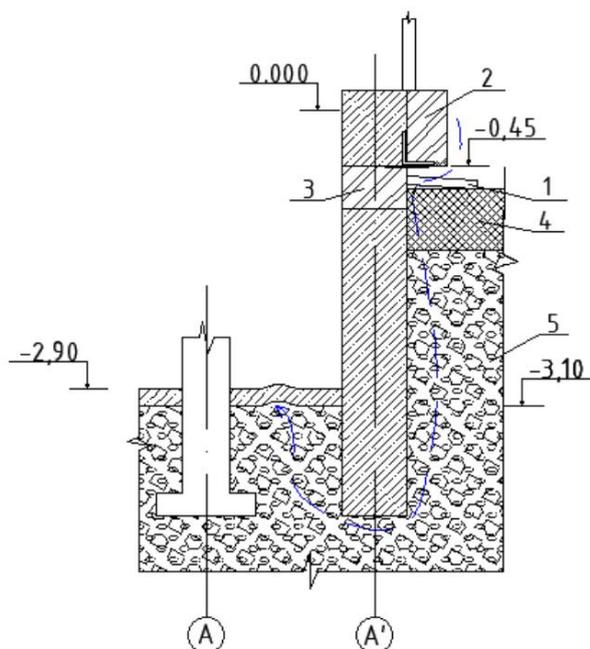
Верхний полуметровый слой представлен строительным мусором с преобладанием известковой пыли (рис. 26). Вторые полтора метра завалены галечниковым грунтом с песчаным наполнителем (рис. 27). Гидроизоляция предназначена для защиты утеплителя пенополистирола от увлажнения. Гидроизоляционный вертикальный ковёр состоит из двух материалов: верхний деформированный слой из рубероида перехлестывает жёсткой гидроизоляционной профилированной мембраной. Прижимная доска сгнила, но жёсткий гидроизоляционный материал идёт на глубину два с половиной метра и надёжно защищает утеплитель от увлажнения.



Рисунок 27 –Этап вскрытия шурфа №3

Таким образом опускание отсыпки привело к деформированию рубероида и разгерметизации утеплителя

Шурф 4 пройден также как и шурф 3 под отсыпкой, где насыпан строительный мусор, перекрывающий с глубины 1 метр галечниковый грунт с валунами (рис. 28)



1-бетонная отсыпка, просевшая на 16 см; 2-бутовая кладка; 3-кирпичная кладка; 4-строительный мусор; 5-галечниковый грунт с валунами

Рисунок 28 –Инженерно-геологический разрез шурфа №4

Между валунами пустоты с рыхлым заполнителем (рис. 29). Гидроизоляционный материал по оси А' отсутствует. Необходимо отметить, что под отступкой сформировалась пустота до 200 мм (рис. 30). Образование пустоты обусловлено вымыванием (механической суффозией) мелких фракций. Провокацией для этого служила пустота под консольным цоколем (рис. 31)



Рисунок 29 – Освидетельствование консольного выступа в шурфе №4



Рисунок 30 – Освидетельствование пустоты под отступкой и строительного мусора



1 - кирпичная кладка; 2 - анкер; 3 - уголок 100x100; 4 - дополнительные два стержня \varnothing 14 мм за уголком к наружному цоколю здания (выполнено по всему периметру объекта)

Рисунок 31 – Состояние конструкции консольного цоколя

Для реализации проекта гидрогеологических исследований на площадке пробурена геологическая скважина. В подвале в пройденном шурфе № 1 установлена наблюдательная скважина. Перед её установкой в этом шурфе отобраны образцы грунтов для определения плотности методом лунок. В связи с отсутствием осадков в осенне-зимний период и тёплой ранней весной уровень воды только опускался - верховодка не образовывалась. Скважина в шурфе остаётся сухой. Однако в период восстановления отмостки 5 июля 2022 г. экспертная группа попала под дождь, при котором было зафиксировано образование луж слева от центрального входа (рис. 32). Тем не менее вода, несмотря на уплотнение грунтов в пройденном шурфе, проникает в пазухи обратной засыпки, но пока не формирует верховодки.



Рисунок 32 – Образование луж в период дождя слева от главного вход

Однако эта вода, проникающая под полы и подошву фундаментов, представляет опасность не только для возможного подъема полов. Большую опасность, эта вода, может оказать на суффозионные процессы (механическая суффозия) вынос мельчайших частиц из пространства между галечником и валунами.

В итоге на основе, данных ГМ мы предлагаем следующие рекомендации для устранения проблемы.

В связи с неорганизованной вертикальной планировкой в районе центрального входа потоки воды устремляются в пониженные места справа и слева от этого входа. Вода из болотца является верховодкой и не может преодолеть слой глинистого грунта на пути к подвалу эко курорта. Для недопущения инфильтрации дождевых вод и исключения суффозионных процессов можно предложить следующие варианты устранения деформаций:

1. Выбрать на 1,0 - 1,5 метра под отмосткой строительный мусор и заменить его на тугопластичную глину. Ширину отмостки увеличить до двух метров и поднять на 35- 45 см. Вместе с этим поднять планировочную отметку у главного входа в здание на 30 см. На основании выполненной топографической съёмки разработать проект вертикальной планировки, гарантирующей отвод воды от главного входа. Поток воды необходимо направить в обе стороны от правого и левого крыльев здания. Для перехвата дождевых вод с бетонной парковки целесообразно сделать перехватывающий поглощающий колодец на глубину до шести метров.

2. Для исключения земляных работ при выборке из пазух обратной засыпки строительного мусора можно рекомендовать заливку на существующий рельеф бентонитовой глины, уложить на поднятую поверхность

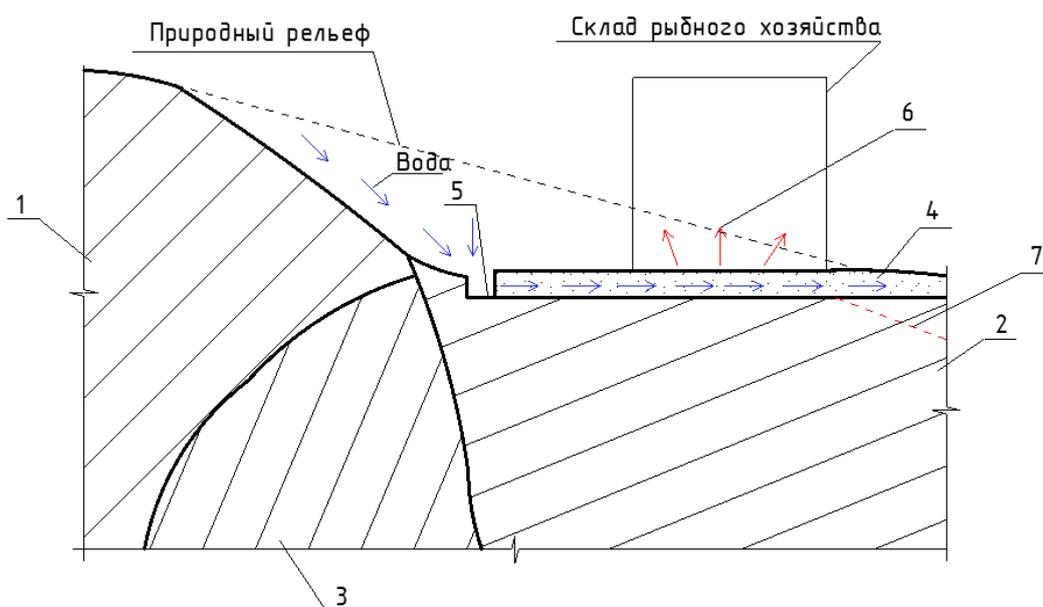
бентонитовые маты, поверх этого уложить армирующую сетку и забетонировать, оставив небольшие окна для елей. Оголенные корни елей закрыть бентонитовыми матами, но не бетонировать.

3. Убрать ели и поднять планировочную отметку по первому варианту, исключая приток воды под пятном здания. При этом герметичность отмостки и всей прилегающей территории гарантирует исключение проникновения воды под пятно здания.

Таким образом полный процесс проведения ГМ, смог предложить варианты решения проблемы, тем самым улучшить состояние здания.

3.4 Склад рыбного хозяйства

Негативное воздействие водоупорного грунта на ухудшение его свойств происходит на объекте доращивания мальков рыб за Белым Яром Республики Хакасия. Легкое каркасное здание для доращивания только в летний период подвергается воздействию деформаций морозного пучения. Здание построено на склоне горы путём выборки суглинка твёрдой консистенции. Подготовку под бетонные полы выполнили из гравийного грунта, который в роли дренажа пропускает воду через себя. Систематизированный водоотвод со склона не выполнен - прокопанная канава, сооружена для вида и не обетонирована. (рис. 33). Также стоит отметить, что прокопанная канава ведет в дренажный колодец. Но в ходе ГМ было обнаружено, что дренажный колодец установлен как муляж и свои непосредственные функции не выполняет.



- 1- суглинок твёрдой консистенции; 2 - суглинок от тугопластичной до мягкопластичной консистенции (текучести); 3 - суглинок полутвердый; 4 - насыпной гравийный грунт; 5 - незавершённая водоотводная канава; 6 – деформации возникающие внутри склада; 7 – срез склона, тянущий грунтовые массы за собой

Рисунок 33 - Схема расположения объекта на склоне:

На данном этапе ГМ, мы установили лишь гипотезу, образования проблемы, заключающееся в следующем: в результате того, что отсутствует организованный водоотвод, атмосферные осадки скапливаются на суглинистом грунте, заполняя гравийную подушку. В зимний период вода, пропитавшая суглинок и сохранившаяся на нём, увеличиваясь в объёме, поднимает бетонные полы и отрывает их от бетонных лотков, через которые происходит отвод воды в летний период из ванн доращивания мальков. Однако морозное пучение поднимает не только полы, но и буронабивные сваи, на которых смонтированы стальные колонны. В результате касательные силы морозного пучения, аналогично изложенные на объектах Хакасии [78], поднимают колонны и крестовая связь не выдерживает неравномерных деформаций. Болты, связывающие накладку с подкосом, срезает (рис. 34).



Рисунок 34 - Болты, связывающие крестовую связь, срезаны.

Также стоит отметить, что существует гипотеза о том, что дренирующая вода, проходящая через галечниковое основание, тянет срезанный склон за собой. В связи с чем замечено отслаивание отмостки от здания (рис. 35), а также ее просадка (рис. 36).



Рисунок 35 – Отслаивание отмостки от склада



Рисунок 36 – Просадка отмостки

В ходе изучения проблемы (проведения ГМ) были осуществлены работы по разработке шурфов, для изучения характеристик, состава грунтов, отбора монолитов и изучения состояние фундаментов (рис. 37,38).

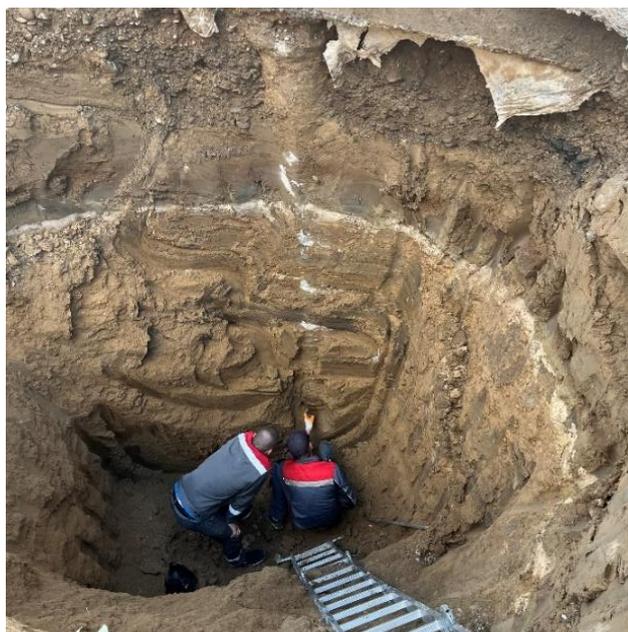


Рисунок 37 – Шурф



Рисунок 38 – Отбор монолита, в месте окончания фундамента

В ходе изучения фундаментов и основания (при откапывании свай) было выявлено, что под нижним основанием зафиксирован зазор до 30 мм.

Таким образом, на основе имеющихся данных делаем вывод о том, что мониторинг установил, что верховодка представляет серьёзную угрозу для строительства и эксплуатации объектов. Соответственно в материалах инженерно-геологических изысканий необходимо проводить анализ фильтрационных свойств и предусматривать прогноз образования верховодки. Проектировщик без рекомендаций для недопущения образования верховодки не заложит в проект систему дренажа, исключая такую возможность. Стоит отметить, что на данный момент ГМ на объекте продолжается, чтобы утвердить и доказать вышеупомянутые гипотезы.

3.5 Торговый комплекс «Владимирский» на пересечении улицы Некрасова-Советская

Близкий пример деформирования как и на Гладенькой полов мы имеем в городе Абакан в магазине «Владимирский» на пересечении улиц Советская - Некрасова. Восемь лет, по словам собственника здания, ведутся попытки для устранения проникновение воды в подвал снизу. Для этого создавались различные слои гидроизоляции изнутри. Но при интенсивных осадках в весенне-летний период полы поднимаются и через стыки слоев гидроизоляции, выполненной на полах подвала, сочится (проникает) вода (рис. 40,41).

Почему вода поднимает полы вверх, а не уходит вниз в грунтовые воды? Мониторинг показал, что плохое уплотнение грунтов в пазухах приводит к обратному наклону отмостки, образованию под ней щели (рисунок 39), через которую вода проникает в гравийно-галечниковую подушку, засыпанную на природный глинистый грунт в период строительства для движения транспорта и сваебойного агрегата. Этот дренирующий материал служит ёмкостью для заполнения воды в период интенсивных атмосферных осадков и аварий канализации. Подстилающий слой суглинка является водоупором, исключая проникновение воды в подстилающий водонасыщенный галечниковый грунт. Необходимо отметить, что бетонные полы в подвале этого здания не превышают 150 мм и не имеют армирования.



Рисунок 39 – Сброс воды с кровли под отмостку



Рисунок 40 - Подъём полов в подвале магазина (Советская- Некрасова)

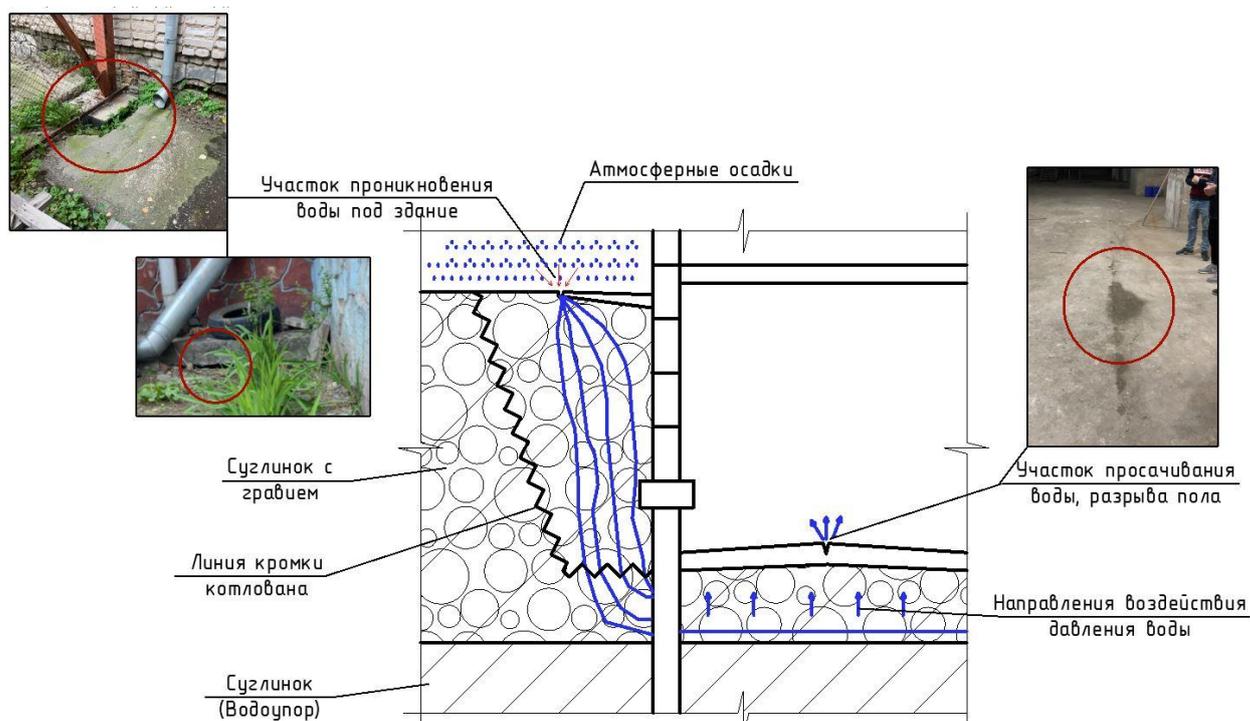


Рисунок 41 - Схема подъёма бетонных полов от проникновения атмосферных осадков на водоупоре

ГМ показал, что причины деформаций полов заключилась в том, что под пятном этого здания над песчаными, хорошо дренирующимися грунтами располагается слой водоупорного тяжелого суглинка, препятствующего проникновению воды в грунтовые воды. Образовалась верховодка, на которой «плавают», перемещаются (вверх-вниз) бетонные полы. На данный момент разрабатываются рекомендации по устранению проблемы.

3.6 Анализ результатов экспериментальных исследований

Большой комплекс проведенных мною натурных экспериментов, исследований показывают насколько широк спектр методов мониторинга, который можно использовать (дифференцированно для объектов разного уровня ответственности). Даже методы в отдельности, дают нам бесценные данные о состоянии объектов.

В момент проведения исследований, мы использовали различные элементы, методы НТС оснований и фундаментов зданий, которые по своей специфики также сильно различались. Нами были изучены и усовершенствованы простые методы мониторинга, которые можно применять для «рядовых» объектов (дифференцированно для объектов разного уровня ответственности), без опасений расходы и затраты времени.

Таким образом, все опыты только доказывают нам, что ГМ повышает качество строительства и надежность зданий и сооружений, а также помогает предотвратить, решить непредвиденные проблемы, предупреждая о возникновении аварийных ситуаций [84-87]. Поэтому, безусловно, необходимо ввести ГМ в обязательном порядке во все стадии жизненного цикла объектов, «как уникальных так и рядовых», чем и соглашаются множество различных авторов в своих работах.

Проведенные мною эксперименты очень значимы для моей магистерской диссертации, потому что данные эксперименты напрямую связаны с тематикой диссертации «исследования и совершенствование элементов научно-технического сопровождения оснований и фундаментов в РХ». В данный момент работы по мониторингу экспериментальных площадок продолжаются и совершенствуются.

4. Рекомендации по геотехническому мониторингу

По результатам экспериментальных исследований, мы предлагаем следующие рекомендации по геотехническому мониторингу дифференцированно для объектов разного уровня ответственности зданий и сооружений.

1. Геотехнический мониторинг необходимо проводить на всех стадиях жизненного цикла строящегося, реконструируемого или эксплуатируемого объекта.

Суть геотехнического мониторинга на стадии изысканий: в процессе проведения полевых работ осуществляется корректировка объемов и видов работ, участвующих в процессе производства геологических выработок.

Суть геотехнического мониторинга на стадии проектирования: учет данных, полученных от геотехнического мониторинга в процессе изысканий, для осуществления защитных мер для объекта, которое необходимо как в процессе строительства, так и в процессе эксплуатации. А также учет данных для корректировки ранее составленного проекта.

Суть геотехнического мониторинга на стадии строительства: обеспечение

безопасности строительства и контроль за процессом строительства.

Суть геотехнического мониторинга на стадии эксплуатации: обеспечение эксплуатационной надежности – предупреждение возникновения аварийных ситуаций.

2. Геотехнический мониторинг должен проводиться для зданий и сооружений уровня ответственности от КС-2 по КС-3. Объекты уровня ответственности КС-1, нуждаются в мониторинге, при специальном задании от заказчика. Разделение зданий по уровням ответственности смотреть согласно ГОСТа 27751- 2014 [6].

Для зданий уровня ответственности КС-3 (в том числе уникальные здания и сооружения), геотехнический мониторинг выполнять согласно рекомендациям написанных в СП 22.13330.2016 [3] и СП 305.1325800.2017 [7], с учетом исключительно современных технологиях.

Для зданий уровня ответственности КС-1 и КС-2, геотехнический мониторинг выполнять согласно рекомендациям написанных в СП 22.13330.2016 [3] и СП 305.1325800.2017 [7], и с учетом предлагаемых нами технологиях.

3. Факторы риска, требующие особого внимания [102]:

- постоянные статические воздействия: изменение статических условий работы оснований существующей застройки, обусловленное нагружением или разгрузкой грунтового массива и являющейся результатом реализации проекта

- постоянное изменение режима подземных вод: изменение гидрогеологических условий на территории вокруг объекта, являющееся результатом реализации проекта

- постоянные технологические воздействия: возникновение дополнительных эксплуатационных нагрузок на основание вследствие возведения объекта

- временные статические воздействия: изменение статических условий работы оснований существующей застройки, происходящее в период производства работ нулевого цикла

- временное изменение режима подземных вод: изменение гидрогеологических условий на территории вокруг объекта, происходящее в период производства работ нулевого цикла

- временные технологические воздействия: возникновение дополнительных технологических нагрузок на основание в период возведения объекта.

4. Возможные методы геотехнического мониторинга, которые возможно использовать при мониторинге (рис. 42). Конкретность методов определяется контролируруемыми параметрами.

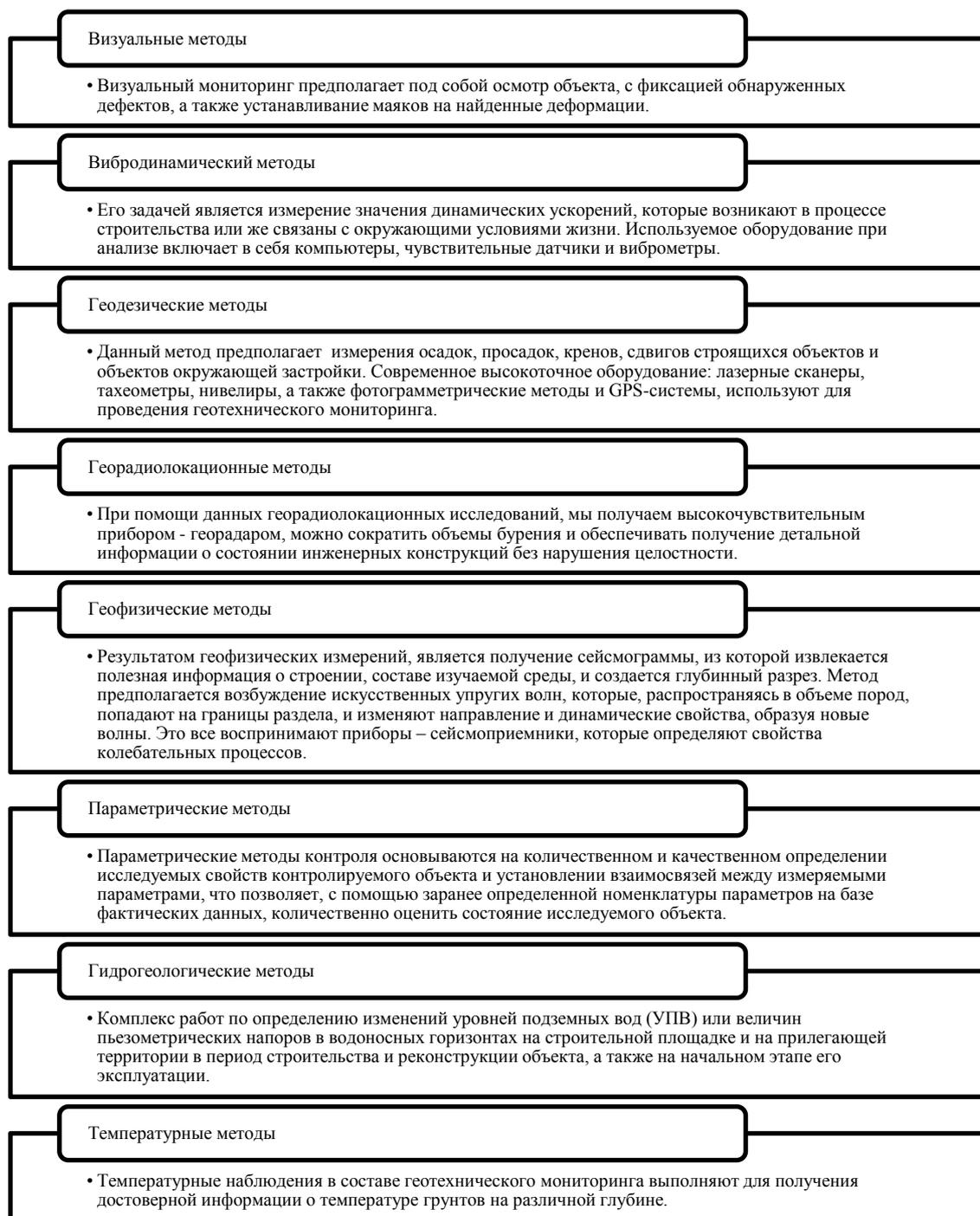


Рисунок 42 - Методы геотехнического мониторинга

Допускается для фиксации изменений контролируемых параметров использовать другие методы, в том числе косвенные, которые должны обеспечивать достоверность результатов наблюдений и их согласованность с результатами, полученными по указанным методам. [3]

5. Проведение геотехнического мониторинга в зданиях на этапах строительства и эксплуатации.

При проведении геотехнического мониторинга в зданиях с подвалом необходимо осуществить:

- Визуальный осмотр здания

- Соорудить конструкция для гидрогеологического обследования объекта;
- Осуществлять замеры деформаций и смещений здания;
- Соорудить шурф.

Визуальный осмотр зданий, включает в себя фото, видео фиксация объекта, с осуществлением пометках в журнале. При обнаружении критической точки (точка нуждающаяся в наблюдении) осуществить замер деформации, отметить дату обнаружения деформации, сделать подробный фото-видео отчет.

Конструкция для гидрогеологического обследования объекта представляет собой пьезометрическая наблюдательная скважина, для исследования уровень грунтовых вод.

Конструкция выполнена из стальной трубы с заостренным концом. Длина трубы должна быть не менее 3 м. У заостренного конца, осуществляются отверстия для поступления воды в труба. Высота отверстия не более 0,5 м. Перед устройством трубы, разрабатывается приямок размерами не менее 1x1 м, и глубиной не более 1 м и не менее 0,5 м. Измерение уровня воды осуществляется резиновой трубкой меньшего диаметра чем у стальной трубы, либо при наличии уровнемером воды. Все данные конспектируются в журнале, расположенном рядом с пьезометрической скважиной. Также рекомендуется разработать чертеж наблюдательной скважины, с высотными отметками.

От вида деформаций мы осуществляем следующие действия:

При обнаружении трещины, замеряем ее параметры и конспектируем их. После устанавливаем марку на трещину с указанием датой и номером марки. При обнаружении деформации на марке, устанавливаем следующую марку в непосредственной близости от предыдущей по тому же принципу. Если новая марка дает трещины, то определяем здание как аварийное.

При обнаружении кренов конструкций, осуществляется замеры кренов с их последующей фиксацией.

При обнаружении смещений в конструкциях, выбираем неподвижную точку и относительно ей осуществляем замеры смещений.

Сооружение шурфов осуществляется для определения состава грунта, а также характеристик оснований. Минимум должно разрабатываться 3 шурфа. Первый – в месте деформаций. Второй – в месте фундамента. Третий – место между фундаментами.

Периодичность обследования при геотехническом мониторинга не должна быть меньше одного раза в неделю. Если деформации в течение первых трех недель не обнаружены, то периодичность можно уменьшить до одного раза в месяц. В случае же обнаружения деформаций, периодичность увеличивается до того, что обследования должны проводится каждый день.

б. Проведение геотехнического мониторинга в зданиях на оползневых участках в период строительства и эксплуатации.

При проведении геотехнического мониторинга на оползневых участках необходимо соорудить конструкцию наблюдательного колодца. Колодец представлен ж/б кольцами, устроенные на жестком основании. Также в колодец необходимо осуществить доступ людей внутрь через отверстие сверху. Глубина

колодца подбирается исходя из расположения грунтовых вод, но не менее 4 м (5 классических ж/б колец). Доступ ко дну колодца осуществляется с помощью лестницы.

При возведении колодца, осуществляется подробное изучение грунтов, выявление характеристик, состава.

Обязательной составной частью создания системы наблюдательного колодца являются:

- установка на швах систему марок
- установка пьезометрической скважины.
- слежение за кренами, наклонами колодца.

Суть и требований к установке марок такая же, как и описано выше в пункте 5. Марки устанавливаются по 4 сторонам света на каждый стык колодца, т.е. в итоге мы получим, что на одном шве будут располагаться 4 пронумерованных деформационных марок. Система марок является точкой слежения за смещением грунтового массива, относительно разных слоев грунтового массива.

Установка пьезометрической скважины осуществляется по тому же принципу как написано в пункте 5. Пьезометрическая скважина, во-первых, приносит бесценные данные об уровне грунтовых вод (и при случае об уровне поверхностных вод), которые мы можем использовать в строительстве. Также данной информация пополняет материальную базу об уровне вод в районе исследований.

Пьезометрическая скважина, также является репером, точкой слежения слоев грунта находящиеся ниже наблюдательного колодца. Поэтому на скважину надевается обсадная труба большего диаметра, для того чтобы относительно ее измерять смещения. Также смещение можно измерить относительно стенок колодца. Полная конструкция системы наблюдательного колодца представлена

5. Проведение геотехнического мониторинга на этапе изысканий

Проведение изыскательных работ должно осуществляться исключительно с геотехником. Помимо изыскательных работ, которые написаны в проекте геотехник должен визуальным осмотром определить места, требующие более подробного изучения. При определении мест, осуществляется разработка шурфа с последующим анализом грунтовых массивов и изучении параметров и характеристик грунта. После составления отчета по изысканиям, геотехник производит проверку достоверности данных и правильность. Таким образом, осуществляется корректировка объёмов и видов работ, участвующих в процессе производства геологических выработок.

6. Проведение геотехнического мониторинга на этапе проектирования

Первым этапом геотехнического мониторинга на стадии проектирования является использование ранее полученных данных (на этапе изысканий) для разработки защитных мер для объекта.

Вторым этапом геотехнического мониторинга на стадии проектирования, который плавно переходит на этап строительства является использование наблюдательного метода, т.е. осуществляется корректировка первоначального

проекта в период строительства, на основе данных получаемых от геотехнического мониторинга. Наблюдательный метод осуществляется согласно требованиям описанных в СП 305.1325800.2017 [7].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе написания магистерской диссертации нами было исследовано и усовершенствовано научно-техническое сопровождения основания и фундаментов зданий.

В итоге нами были развиты идеи научно-технического сопровождения, используемые в строительстве и эксплуатации уникальных зданиях и сооружениях, дифференцированно для объектов разного уровня ответственности.

В ходе достижения данной цели, мною были проведены:

- Литературной обзор по теме магистерской диссертации;
- Разработаны программы эксперимента геотехнического мониторинга;
- Подготовлены площадки для геотехнического мониторинга;
- Осуществлены эксперименты, с определением состояния объекта;
- Выявлена и установлена связь важности геотехнического мониторинга на основе экспериментов;
- Разработаны первоначальные рекомендации по применению геотехнического мониторинга дифференцировано для объектов разного уровня ответственности.

Стоит отметить, что работы и исследования по данной теме еще полностью не закончены и требуют доработок и совершенствования. Таким образом, данное направление исследований может получить большее развитие в дальнейшем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Давидюк А. Н. и др. ПОСОБИЕ по научно-техническому сопровождению и мониторингу строящихся зданий и сооружений, в том числе большепролетных, высотных и уникальных. МРДС 02-08. – 2008.
2. Р 182-08. Технические рекомендации по научно-техническому сопровождению и мониторингу строительства большепролетных, высотных и других уникальных зданий и сооружений. М.: ГУП НИИ Мосстрой, 2008. 34 с.
3. СП 22.13330.2016. Свод правил. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456054206?ysclid=lildlhond5430875222>
4. СП 361.1325800.2017. Свод правил. Здания и сооружения. Защитные мероприятия в зоне влияния строительства подземных объектов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/550566682?ysclid=lildmp1zfi146160455>
5. СП 248.1325800.2016. Свод правил. Сооружения подземные. Правила проектирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200137144?ysclid=lildomglil48855350>
6. ГОСТ 27751-2014. Межгосударственный стандарт. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200115736>
7. СП 305.1325800.2017. Свод правил. Здания и сооружения. Правила проведения геотехнического мониторинга при строительстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/556330134>
8. Геотехнический мониторинг в строительстве : Учебное пособие / Е. М. Грязнова, А. Н. Гаврилов, Д. Ю. Чунюк, К. С. Борчев. – Москва : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. – 80 с. – ISBN 978-5-7264-1402-7. – EDN ZGASEV.
9. СП 47.13330.2016. Свод правил. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456045544>
10. Руководство по наблюдениям за деформациями оснований и фундаментов зданий и сооружений / НИИОСП им. Герсеванова. - М.: Стройиздат, 175. - 156 с
11. МГСН 2.07–97. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Московские городские строительные нормы / Правительство Москвы. М., 19
12. Радоуцкий В. Ю., Шульженко В. Н., Ветрова Ю. В. Научно-техническое обоснование проектирования систем мониторинга состояния несущих конструкций зданий и сооружений //Вестник Белгородского государственного технологического университета им. ВГ Шухова. – 2010. – №. 3. – С. 48-50.
13. Музыченко С. Г., Лapidус А. А., Топчий Д. В. Особенности мониторинга несущих конструкций при научно-техническом сопровождении строительства //Наука и бизнес: пути развития. – 2021. – №. 1. – С. 39-43.
14. Мирсяпов И. Т., Королева И. В. Особенности геотехнического

мониторинга уникальных зданий и сооружений //Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2013. – №. 4 (26). – С. 147-154.

15. Югов А. М., Новиков Н. С., Гаврилюк А. С. Геотехнический мониторинг при устройстве «стены в грунте» в стесненных условиях //Вестник МГСУ. – 2015. – №. 7. – С. 57-68.

16. Кулешов А. П., Пендин В. В. К вопросу обработки результатов геотехнического мониторинга за осадками сооружений //Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330. – №. 8. – С. 190-204.

17. Иванова А. В., Соловьева Т. А., Бугакова Т. Ю. Геотехнический мониторинг-основа жизненного цикла зданий и сооружений //Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2019. – Т. 6. – №. 1. – С. 214-220.

18. Шулятьев О. А. Основания и фундаменты высотных зданий: монография //Текст: непосредственный. – 2016.

19. Шашкин А. Г. Основы геотехнического мониторинга //Инженерные изыскания. – 2013. – №. 10-11. – С. 18.

20. Легоньков Д. О. Исследование методов геотехнического мониторинга зданий и сооружений //Инвестиции, градостроительство, недвижимость как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения. – 2022. – С. 829-832.

21. Кузина, И. С. Методы геотехнического мониторинга объектов нового строительства / И. С. Кузина, Г. С. Быков // Наука и инновации - современные концепции: сборник научных статей по итогам работы Международного научного форума, Москва, 28 августа 2020 года. – Москва: Инфинити, 2020. – С. 160-162.

22. Перепонова Е. М. Результаты многолетних наблюдений за горизонтальными смещениями в основании сооружений Каунасской ГЭС //Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1975. – №. 5.

23. Брайт П. И., Перепонова Е. М. Измерение сдвигов зданий со сборными заглубленными фундаментами //Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1961. – №. 2.

24. Рекомендации по обследованию и мониторингу технического состояния эксплуатируемых зданий, расположенных вблизи нового строительства или реконструкции / В. А. Ильичев, В. П. Петрухин, В. Г. Буданов [и др.]. – Москва : ГУП «НИАЦ» Москомархитектуры, 1998. – 91 с.

25. Улицкий В. М., Шашкин А. Г. Геотехническое сопровождение реконструкции городов. – 1999.

26. Маслов Н. В. и др. Мониторинг несущих конструкций как составная часть обеспечения надежности и безопасности ответственных зданий и сооружений //Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2002. – №. 5. – С. 34-37.

27. ТСН 50-302–96. Устройство фундаментов гражданских зданий и сооружений в Санкт-Петербурге и на территориях, административно подчиненных Санкт-Петербургу. Территориальные строительные нормы /

Администрация Санкт-Петербурга. СПб, 1997

28. Коновалов П. А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий. – ВНИИТПИ, 2000.

29. Ильичев В. А., Коновалов П. А., Никифорова Н. С. Особенности геомониторинга при возведении подземных сооружений в условиях тесной городской застройки //Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1999. – №. 4. – С. 20-26.

30. МГСН 2.07–01. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Московские городские строительные нормы / Правительство Москвы. М., 2003.

31. ТСН 50-302–2004. Территориальные строительные нормы / Администрация Санкт-Петербурга. СПб, 2004

32. ГОСТ Р 54257–2010. Надежность строительных конструкций и оснований / Стандартинформ. М., 2011.

33. ГОСТ 31937–2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. Межгосударственный стандарт / Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации (ЕАСС) ИНТКС. М., 2012.

34. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений (актуализированная редакция СНиП 2.02.01–83*) / Минрегион России. М., 2010

35. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений : Федер. закон РФ № 384-ФЗ от 30.12.20

36. Шашкин А. Г. Основы геотехнического мониторинга //Инженерные изыскания. – 2013. – №. 10-11. – С. 18.

36. Квартальнов С. В., Макулов В. В. Геотехнический мониторинг зданий и сооружений //European science. – 2017. – №. 5 (27). – С. 43-45.

37. СП 11-105-97. Свод правил. Инженерно-геологические изыскания для строительства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200007407?ysclid=lilf4m47po371194128>

38. СП 116.13330.2012. Свод правил. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200095540?ysclid=lilf6neg23767416233>

39. Маций С. И., Безуглова Е. В. Геотехнический мониторинг транспортных сооружений на участках активного развития оползневых смещений грунтов //Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2017. – №. 4. – С. 36-40.

40. Лapidус А. А. Научно-техническое сопровождение изысканий, проектирования и строительства как обязательный элемент достижения требуемых показателей проекта //Вестник МГСУ. – 2019. – Т. 14. – №. 11 (134). – С. 1428-1437.

41. Ракитина Н. Н., Потапов А. Д. Достоверность и достаточность инженерных изысканий для строительства: правило двух Д //Вестник МГСУ. – 2014. – №. 1. – С. 90-97.

42. Рапанович Д. О. Уровни ответственности зданий и сооружений на опасных производственных объектах //Безопасность и охрана труда. – 2015. –

№. 4. – С. 74-75.

43. Мальцев, А. В. Актуальные задачи геотехнического мониторинга системы "сооружение-основание" / А. В. Мальцев, Я. А. Чижкова, И. А. Атлашова // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство / Самарский государственный архитектурно-строительный университет. – Самара : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Самарский государственный архитектурно-строительный университет", 2016. – С. 211-214..

44. Мальцев А. В., Карпов А. А. О необходимости научно-технического и инженерного сопровождения проектирования и устройства фундаментов из винтовых свай //Традиции и иновации в строительстве и архитектуре. – 2014. – С. 895-898.

45. Карабицкая, Л. П. Проблемы обеспечения контроля качества строительно-монтажных работ / Л. П. Карабицкая, Л. М. Весова // Актуальные проблемы и перспективы развития строительного комплекса : сборник трудов Международной научно-практической конференции: в 2 ч., Волгоград, 01–02 декабря 2020 года. Том Часть 1. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2020. – С. 105-108.

46. Служителева В. Ю. Проблемы контроля качества работ в современном строительстве //E-Scio. – 2019. – №. 5 (32). – С. 207-212.

47. Служителева В. Ю. Роль научно-технического сопровождения в повышении качества строительства уникальных зданий и сооружений //E-Scio. – 2019. – №. 5 (32). – С. 646-652.

48. Загорская А. В., Лапидус А. А. Научно-техническое сопровождение пректных решений по организации строительства уникальных объектов //Наука и бизнес: пути развития. – 2021. – №. 6. – С. 41-47.

49. Музыченко С. Г., Лапидус А. А., Топчий Д. В. Особенности мониторинга несущих конструкций при научно-техническом сопровождении строительства //Наука и бизнес: пути развития. – 2021. – №. 1. – С. 39-43.

50. Шистерова А. В., Лапидус А. А. Программа работ по научно-техническому сопровождению проектирования //Перспективы науки. – 2019. – №. 4. – С. 71-78.

51. Давидюк А. А. Научно-техническое сопровождение проектирования объектов повышенного уровня ответственности //Промышленное и гражданское строительство. – 2020. – №. 2. – С. 29-33.

52. Радоуцкий В. Ю., Шульженко В. Н., Ветрова Ю. В. Научно-техническое обоснование проектирования систем мониторинга состояния несущих конструкций зданий и сооружений //Вестник Белгородского государственного технологического университета им. ВГ Шухова. – 2010. – №. 3. – С. 48-50.

53. Ломов П. О. и др. Геотехнический мониторинг при возведении многоэтажных зданий //Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2020. – №. 4 (55). – С. 86-93.

54. Дербасова, К. В. Геотехнический мониторинг при высотном

строительстве / К. В. Дербасова // Интеграция науки и образования в новых социально-экономических условиях : Материалы международной научно-практической конференции, Пятигорск, 28–30 мая 2015 года. – Пятигорск: Северокавказское издательство МИЛ, 2015. – С. 79-81. – EDN TVGCZV.

55. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ: принят Государственной Думой Федерального Собрания Российской Федерации от 22 декабря 2004 г.: Одобрен Советом Федерации Федерального Собрания Российской Федерации 24 декабря 2004 г

56. Болотова А. С., Романовская М. Е. Функционирование автоматизированных систем строительного контроля на объектах капитального строительства //Строительное производство. – 2020. – №. 2. – С. 54-60.

57. Тер-Мартиросян З. Г. Диалоги о мониторинге //Технологии строительства. – 2007. – №. 3. – С. 78.

58. Болдырев, Г. Г. Геотехнический мониторинг / Г. Г. Болдырев, А. А. Живаев // Инженерные изыскания. – 2013. – № 10-11. – С. 22-27.

59. Калони Д., Маньи Л. Концепция геотехнического и строительного мониторинга. Оборудование и практическая реализация //Инженерные изыскания. – 2013. – №. 10-11. – С. 74-77.

60. Колыбин И. В. Уроки аварийных ситуаций при строительстве котлованов в городских условиях //Развитие городов и геотехническое строительство. – 2008. – №. 12. – С. 90-124.

61. Шашкин А. Г., Улицкий В. М. Основы мониторинга механической безопасности сооружений при строительстве и эксплуатации //Промышленное и гражданское строительство. – 2017. – №. 12. – С. 6-14.

62. Peck R. B. Advantages and limitations of the observational method in applied soil mechanics //Geotechnique. – 1969. – Т. 19. – №. 2. – С. 171-187.

63. Баранов А. К., Анисимов И. Г., Фокин Н. Н. Пример применения наблюдательного метода при проектировании противоаварийных мероприятий //Вестник НИЦ Строительство. – 2017. – №. 2. – С. 6-15.

64. BSI (2004). Eurocode 7: Geotechnical design – Part 1: General rules. BS EN 1997-1:2004. British Standards Institution.// Еврокод. Разд. 7: Геотехническое проектирование. Часть 1. Общие правила. Лондон, С. 167

65. Korff M., De Jong E., Bles T. SWOT analysis observational method applications //Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. – 2013. – С. 1883-1888.

66. Glass P. R., Powderham A. J. Application of the observational method at the Limehouse Link //Géotechnique. – 1994. – Т. 44. – №. 4. – С. 665-679.

67. Morgenstern N. et al. The observational method in environmental geotechnics //International congress on environmental geotechnics. – 1994. – С. 963-976.

68. Muir Wood A. The observational method revisited //Proceedings of the 10th Southeast Asian Geotechnical Conference. – 1990. – С. 37-42.

69. Powderham A. J. An overview of the observational method: development in cut and cover and bored tunnelling projects //Géotechnique. – 1994. – Т. 44. – №.

4. – С. 619-636.

70. Powderham, A.J. and Nicholson, D.P. 1996. The Observational method in geotechnical engineering. ICE, Thomas Telford, London

71. Roberts T. O. L., Preene M. The design of groundwater control systems using the observational method //Géotechnique. – 1994. – Т. 44. – №. 4. – С. 727-734.

72. Разводовский Д. Е. и др. Обзор возможностей и перспективы применения наблюдательного метода //Промышленное и гражданское строительство. – 2016. – №. 10. – С. 55-63.

73. Казаринов, А. Е. Особенности технологии строительства земляного полотна автомобильных дорог на участках местности с верховодкой / А. Е. Казаринов // Дальний Восток. Автомобильные дороги и безопасность движения : международный сборник научных трудов. Том № 21. – Хабаровск : Тихоокеанский государственный университет, 2021. – С. 17-20.

74. Легоньков Д. О., Халимов И. О., Халимов О. З. Многолетний опыт наблюдений за формированием верховодки на объектах республики Хакасия //Актуальные вопросы строительства: взгляд в будущее. – 2022. – С. 340-344.

75. Халимов О. З., Лыспакова А. А., Корнелюк М. А. Анализ причин и вариантов устранения оползня на дороге Абакан-Подсинее //Политранспортные системы. – 2020. – С. 115-119.

76. Халимов О. З. Геотехнический консалтинг на этапах жизненного цикла проекта устранения оползня на автомобильной дороге «Абакан-Подсинее» //Вестник Хакасского государственного университета им. НФ Катанова. – 2021. – №. 2 (36). – С. 23-27.

77. Халимов, О. З. Обоснование необходимости геотехнического мониторинга на этапе эксплуатации реконструированного оползневого участка автомобильной дороги абакан-подсинее [электронный ресурс] / Материалы XII международной научно-технической конференции. Политранспортные системы, подсекция «Проблемы земляного полотна железных и автомобильных дорог в условиях холодного климата». – 21-22 сентября 2022 г. – 3 ч. – новосибирск. – с. 44-49

78. Khalimov O., Bozykova V. Long-term experience of construction and maintenance of buildings on extremely upheaval soils in the conditions of Minusinsk Hollow //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2021. – Т. 1967. – №. 1. – С. 012019.

79. Ламтадзе В. Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. Л, «Недра». – 1977. – Т. 4. – С. 79.

80. Молоков Л. А. Взаимодействие инженерных сооружений с геологической средой. – Изд-во "Недра", 1988.

81. Rashchenko A., Dyptan T., Malyshev O. The Main Features of Hydraulic Fill Soils and River Dnieper Alluvial Deposits in the Kyiv Region //Civil and Environmental Engineering Reports. – 2020. – Т. 30. – №. 4. – С. 72-89.

82. Sanz de Ojeda J. et al. Simulation of Groundwater Flow in an Aquiclude for Designing a Drainage System during Urban Construction: A Case Study in Madrid, Spain //Sustainability. – 2021. – Т. 13. – №. 3. – С. 1526.

83. Schokking F. Overconsolidated, Early-Pleistocene Clays in Relation to Foundation Design and Construction of HSLSouth, Province of Brabant, The Netherlands //Engineering Geology for Infrastructure Planning in Europe: A European Perspective. – 2004. – С. 555-564.

84. Лебедев М. О. и др. Геотехнический мониторинг при строительстве Санкт-Петербургского метрополитена на малых глубинах //Метро и тоннели. – 2016. – №. 6. – С. 19-23.

85. Янина Я. А., Янина О. И. К вопросу геотехнического мониторинга зданий // Состояние и перспективы развития современной науки: социально-экономические, естественнонаучные исследования. – 2016. – С. 83-86.

86. Лапина А. П. Мониторинг технического состояния высотных и уникальных зданий и сооружений //Актуальные проблемы науки и техники. 2019. – 2019. – С. 801-802.

87. Безиров Т. А., Прокопов А. Ю. Геотехнический мониторинг при строительстве высотного здания в береговой зоне г. Ростова-на-Дону //Фундаментальные проблемы науки: сборник статей. – 2017. – С. 22.

88. Бозыкова В.В., Халимов О.З. Исследование устойчивости малозагруженных сооружений на пучинистых грунтах: дис.- ХТИ-филиал СФУ, Абакан, 2021 - 87 с.

89. Бозыкова В.В., Обоснование необходимости реконструкции холодного склада под спортзал училища в с. Аскиз // XVII международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективныи проблемы науки и образования» - 2021. – 2021.

90. Халимов, О.З. Метод физико-химической противопучинной стабилизации оснований в период строительства при высоком залегании подземных вод: специальность 05.23.02 "Основания и фундаменты, подземные сооружения": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Халимов Олег Закирович. – Москва, 1989. – 26 с.

91. Постановление №815 об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований федерального закона "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений", и о признании утратившим силу постановления правительства российской федерации от 4 июля 2020 г. n 985 [электронный ресурс]. - введ. 28-05-2021 // электрон. фонд правовой и нормативно-технич. документации «техэксперт». - электрон. текстовые дан. - режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/603700806>

92. Приказ №687 об утверждении перечня документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований федерального закона от 30 декабря 2009 г. n 384-фз "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" [электронный ресурс]. - введ. 02-04-2020 // электрон. фонд правовой и нормативно-технич. документации «техэксперт». - электрон. текстовые дан. - режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/564577621>

93. СТУ 7.5–07–2021 Система менеджмента качества. Общие требования

к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. – Введ. 20.12.2021. – Красноярск : ИПК СФУ, 2021. – 61 с

94. Маций С. И. Противооползневая защита //Краснодар: АлВи-дизайн. – 2010. – Т. 288. – С. 7.

95. Ашпиз Е. С. Мониторинг эксплуатируемого земляного полотна (Теоретические основы и практические решения). – 2002.

96. Перепонова Е. М. Новое руководство по наблюдению за деформациями фундаментов зданий и сооружений //Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1972. – №. 4.

97. СП 131.13330.2020. Свод правил. Строительная климатология. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200095546?ysclid=livysrijky861757247>

98. Шкиря М. С. и др. Применение наземных геофизических исследований методом электротомографии в составе инженерно-геологических изысканий подтапливаемой территории одного из жилых районов г. Иркутска //Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333. – №. 11. – С. 160-170.

99. Батрак Г. И., Томс Л. С. Гидрогеологические расчеты для оптимизации дренажа // Мониторинг. Наука и технологии. – 2015. – № 2(23). – С. 6-14. – EDN UBFGEХ.

100. Сергеев С. В., Рыбалов А. И., Соколов Н. С. Особенности сооружения свайных фундаментов в меловых грунтах //Жилищное строительство. – 2017. – №. 4. – С. 33-39.

101. Васенин В.А., Шашкин А.Г. Вековые осадки зданий Санкт-Петербурга – Монография. – СПб. Изд. института «Геореконструкция», 2022. – 440 с.

102. Шашкин А.Г., Шашкин К.Г., Богов С.Г., Шашкин В.А., Шашкин М.А. Мониторинг зданий и сооружений при строительстве и эксплуатации – Монография. – СПб. Издательство института «Геореконструкция», 2021. – 640 с.

103. Гюльмамедов Ч. Д. Влияние техногенной деятельности человека на гидрогеологические условия // Международный журнал «Наука и мир. 2020. №. 2. С. 78.

104. Прядуненко, Т. И., Назипова Д. Х. Влияние водохранилищ на окружающую среду Голодностепского региона // Геоэкологические проблемы современности и пути их решения: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Орел, 20 мая 2022 года. С. 114-121.

105. Морозова Л. А., Декина А. М. Особенности воздействия водохранилищ на окружающую среду и речные экосистемы // Природно-ресурсный потенциал Прикаспия и сопредельных территорий: проблемы его рационального использования. 2022. С. 34-41.

106. Шурыгин С. Г., Денисенко Г. Д. Влияние повышения уровня воды в реке Волге после строительства водохранилища на химический состав грунтовых вод прилегающих территорий // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2021. №. 59. С. 105-108.

107. Туова Т. Г. Экологические проблемы Краснодарского водохранилища // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2015. №4 (171).

108. Халимов О. З. Анализ оползневых процессов на дорогах Хакасии перед мостами через реку Енисей с позиций всех этапов жизненного цикла сооружений //Фундаментальные и прикладные исследования. Актуальные проблемы и достижения. 2020. С. 13-18.

109. Калугина Ю. А. Особенности расчета осадки фундаментов при строительстве на слабых грунтах в условиях имеретинской низменности // Фундаменты глубокого заложения и проблемы геотехники территорий. 2021. С. 147-163.

110. Грязнова Е. М. Роль геотехнического мониторинга в обеспечение эксплуатационной надежности зданий // Инновации и инвестиции. 2022. №. 4. С. 143-145

111. Логинова Е. В., Лошкарев Д. А. Актуальные вопросы геомониторинга оползневого явления на 124 км участка трассы Р257 // Ответственный редактор. 2019. С. 14.

112. Любин Н. В., Абдиев М. М., Долженко Е. Н. Особенности технического обследования на участках развития оползневых процессов Features of technical inspection at landslide development sites //государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина. 2022. С. 274.

113. Маций С. И., Лейер Е. В., Безуглова Е. В. Мониторинг и моделирование оползневых процессов на примере города Сочи // Научные исследования и разработки. Строительство и архитектура. 2013. Т. 1. № 1. С. 54-61. DOI 10.12737/342.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Статья ВАК по теме: «ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД С ОПОЛЗНЕВЫМИ ПРОЦЕССАМИ»

Научная статья

Гидравлика. Геотехника. Гидротехническое строительство

Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология (технические науки)

УДК 556.3+631.459.42

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД С ОПОЛЗНЕВЫМИ ПРОЦЕССАМИ

Денис Олегович Легоньков¹, Олег Закирович Халимов², Дмитрий Юрьевич Сагалаков³

¹ Хакасский технический институт – филиал Сибирского федерального университета, 655017, Россия, Республика Хакасия, г. Абакан, ул. Щетинкина, дом 27, denlegonkov@mail.ru

² Хакасский технический институт – филиал Сибирского федерального университета, 655017, Россия, Республика Хакасия, г. Абакан, ул. Щетинкина, дом 27, halimovoz@mail.ru

³Общество с ограниченной ответственностью «Экспертиза Недвижимости», 655009, Россия, Республика Хакасия, г. Абакан, ул. Мартьянова, дом 24, sagalakov_d@mail.ru

Аннотация

Введение: Рассмотрены причины наводнений, случившиеся в городе Абакан. Проанализировано такое явление, как формирование верховодки. Отмечено, что в фондовых материалах инженерно-геологических изысканий не изучены детально погребенные слои гумуса и илистых грунтов, которые под нагрузкой намытого слоя превратились в водоупор.

Материалы и методы: Исследования проводились на экспериментальных площадках. На первой экспериментальной площадке рассмотрен гидрогеологический метод и конструкция мониторинга динамики уровня грунтовых вод и верховодок. Метод представлен осуществлением наблюдательной скважины в приямок в подвале корпуса Б ХТИ - филиала СФУ. Проанализирован оползнеопасный участок дороги Абакан-Подсине, расписаны причины и риски возобновления оползневого процесса. На второй экспериментальной площадке предложена и раскрыта технология наблюдательного колодца, как метода геотехнического мониторинга, используемый на участке дороги на этапе эксплуатации после реконструкции. Технология состоит из системы методов мониторинга: 1. Наблюдения, показывающие смещения грунтовых массивов на разных глубинах, 2. Гидрогеологические исследования динамики уровня грунтовых вод с использованием пьезометрической скважины, 3. Фиксация зазора между внутренней поверхностью стен колодца и концом направляющих приспособлений, 4. Мониторинг наклона земполотна и асфальтированной одежды.

Результаты: Отрицательный тренд развития деформаций на основе наблюдений на наблюдательном колодце не зафиксированы. На основе результатов наблюдений за динамикой колебаний верховодки и грунтовых вод, был построен график динамики верховодки и грунтовых вод. График позволил убедиться в формировании верховодки и доказать отсутствие ее связи с грунтовыми водами.

Выводы: В итоге описана важность использованной системы мониторинга, как предупредитель аварийной ситуации, которая не является дорогостоящей, проста в использовании и способная долго давать результаты режимных наблюдений.

Ключевые слова: мониторинг, геотехнический мониторинг, наблюдательный колодец, пьезометрическая наблюдательная скважина, верховодка, грунтовые воды, оползень, геогидрология Абакана.

Автор, ответственный за переписку: Денис Олегович Легонков, denlegonkov@mail.ru

Research paper

УДК 556.3+631.459.42

RELATIONSHIP OF SURFACE WATER WITH LANDSLIDE PROCESSES

Denis Olegovich Legonkov¹, Oleg Zakirovich Khalimov², Dmitriy Yuryevich Sagalakov³

¹*Khakassian Technical Institute - branch of the Siberian Federal University, 655017, Russia, Republic of Khakassia, Abakan. st. Shchetinkina, 27, denlegonkov@mail.ru*

²*Khakassian Technical Institute - branch of the Siberian Federal University, 655017, Russia, Republic of Khakassia, Abakan. st. Shchetinkina, 27, halimovoz@mail.ru*

³*Limited Liability Company "Real Estate Expertise", Russia, Republic of Khakassia, Abakan, st. Martyanova, 24, sagalakov_d@mail.ru*

Abstract

Introduction: The causes of floods that occurred in the city of Abakan are considered. Such a phenomenon as the formation of perched water is analyzed. It is noted that in the stock materials of engineering and geological surveys, the buried layers of humus and silty soils have not been studied in detail, which, under the load of the reclaimed layer, turned into an aquiclude.

Materials and methods: Research was carried out on experimental sites. At the first experimental site, the hydrogeological method and the design of monitoring the dynamics of the level of groundwater and perched waters are considered. The method is represented by the implementation of an observation well in a pit in the basement of building B of KhTI, a branch of the Siberian Federal University. The landslide dangerous section of the Abakan-Podsineye road is analyzed, the causes and risks of the resumption of the landslide process are described. At the second experimental site, the technology of an observation well is proposed and disclosed as a method of geotechnical monitoring used on a road section at the operational stage after reconstruction. The technology consists of a system of monitoring methods: 1. Observations showing the displacement of soil massifs at different depths, 2. Hydrogeological studies of the dynamics of the groundwater level using a piezometric well, 3. Fixing the gap between the inner surface of the well walls and the end of the guide devices, 4. Tilt monitoring earthworks and asphalt pavement.

Results: A negative trend in the development of deformations based on observations at the observation well was not recorded. Based on the results of observations of the dynamics of fluctuations of perched water and groundwater, a graph of the dynamics of perched water and groundwater was constructed. The graph made it possible to verify the formation of perched water and to prove the absence of its connection with groundwater.

Conclusions: As a result, the importance of the used monitoring system is described as a warning of an emergency situation, which is not expensive, easy to use and capable of giving the results of regime observations for a long time.

Key words: monitoring, geotechnical monitoring, observation well, piezometric observation well, perched water, groundwater, landslide, geohydrology of Abakan.

Corresponding author: Denis Olegovich Legonkov, denlegonkov@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

Город Абакан, являющийся столицей Республики Хакасии, за свое существование несколько раз подвергался затоплениям. Так в 1969 году город был подвержен затоплению. В 2014 и 2021 годах также были зафиксированы опасные паводковые ситуации. Стоит отметить, что паводки 2021 г. были дополнены осенними осадками, приведшими к подъему уровня грунтовых вод, даже превышающими весенний паводок.

Главной причиной затопления территории являются пиковые значения атмосферных осадков, выпадаемых в первую очередь в горных районах, откуда идёт питание основных рек: Абакана и Енисея.

Обзор литературы по причинам и последствиям подтопления показывает, что создание искусственных гидротехнических сооружений, например, водохранилища, имеют существенное влияние, приводящих к нарушениям естественного уровня грунтовых вод и к снижению характеристик грунтов (в особенности в слое сезонного промерзания) [1-4].

Так, например, в селе Новокурское вблизи Саяногорска (в сорока километрах от плотины Саяно-Шушенской гидроэлектростанции) уровень грунтовых вод на верхней точке холма поднялся до отметки 1,5 метра от дневной поверхности. В тоже время в нижней части села в километре от верхней точки жители копают колодцы до 13 метров. В период проведения инженерно-геологических изысканий для проектирования детсада в этом селе уровень грунтовых вод зафиксирован на глубине 4,5 метра от природной отметки, но в процессе строительства при разработке грунтов в траншее глубиной 3 метра для прокладки водопровода воду вскрыли на одном из участков, и она по траншее заполнила пятно застройки детсада, поднявшись на два метра по отношению к природному залеганию.

В Краснодаре строительство водохранилища привело к поднятию уровня грунтовых вод и дополнительным деформациям (просадка, суффозия) зданий, обеспечиваемая снижением характеристиками грунтов. [5]

Самый ближайший пример: при строительстве дороги Абакан-Минусинск через Братский мост выемка грунта вблизи дач, запитанных водой из Енисея, привела к образованию оползневых процессов. Обследования дачного массива, расположенного выше дороги и оползневых участков, показало на формирование маленьких водоёмов, из которых вода перемещается вниз по склону к выемке, где проходит автомобильная трасса. Аналогично перед мостом через Енисей у села Подсинее утечки из водопровода (дачного), провоцируют оползневые процессы в основаниях автомобильной дороги. [6]

Санкт-Петербургская фирма “G-Dynamik” по заданию Минприроды Республики Хакасия выполнила работу по определению границ зон затопления, подтопления на территории города Абакан республики Хакасия. Целью проведения инженерных изысканий, выполняемые этой фирмой, является получение необходимых полевых и камеральных гидрометеорологических, гидрогеологических и геологических материалов, достаточных для определения границ зон затопления и подтопления города Абакан. Без сомнения, результаты работы этой организации для нас представили значительный интерес. Однако проведённые расчеты не учитывают формирование верховодки, что приводит к ошибочному утверждению о возможности подтопления. Сформировавшийся водоупорный горизонт представляет неприятности для Абакана вследствие формирования верховодки, но зато является надежным экраном при наводнении. Грунтовая вода снизу не проникает через слой водоупора и препятствует подтоплению. Тем самым в фондовых материалах инженерно-геологических изысканий не изучены детально погребенные слои гумуса и илистых грунтов, которые под нагрузкой намывного слоя превратились в водоупор.

Без сомнений, верховодки формируются на водоупором слое в период интенсивных атмосферных осадков. Водоупором для верховодки служит слой с пониженной водопроницаемостью любого происхождения [7,8]. Не смотря на тот факт, что средний показатель атмосферных осадков в городе Абакан составляет 276 мм, а суточный максимум осадков 76 мм, согласно СП 131.13330.2020 Строительная климатология, тем не менее в городе Абакан имеется район, в котором повсеместно формируется такое явление, как верховодка [8]. Данный район был создан путём намыва земснарядом грунтовой массы из разрабатываемых дренажных каналов. Стоит отметить, что питание верховодки обеспечивается атмосферными осадками и утечками сетей водопровода, отопления и водоотведения. [9-12].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для того, чтобы получить данные о динамике колебания грунтовых вод, была сооружена пьезометрическая наблюдательная скважина с приемком в подвале корпуса «Б» ХТИ, находящемся в г. Абакан, ул. Комарова, д.15. Скважина выполнена с заострением и отверстиями у начала заострения. Погружена в разработанном приемке, через слой глинистого грунта, где выбран намывной галечниковый грунт и обнажена верховодка (рис. 1). [8] Заострение необходимо для легкого погружения трубы в грунтовые массы, отверстия у заострения – для запитки грунтовых вод в конструкцию трубы, питание которых обеспечивается рекой Абакан.

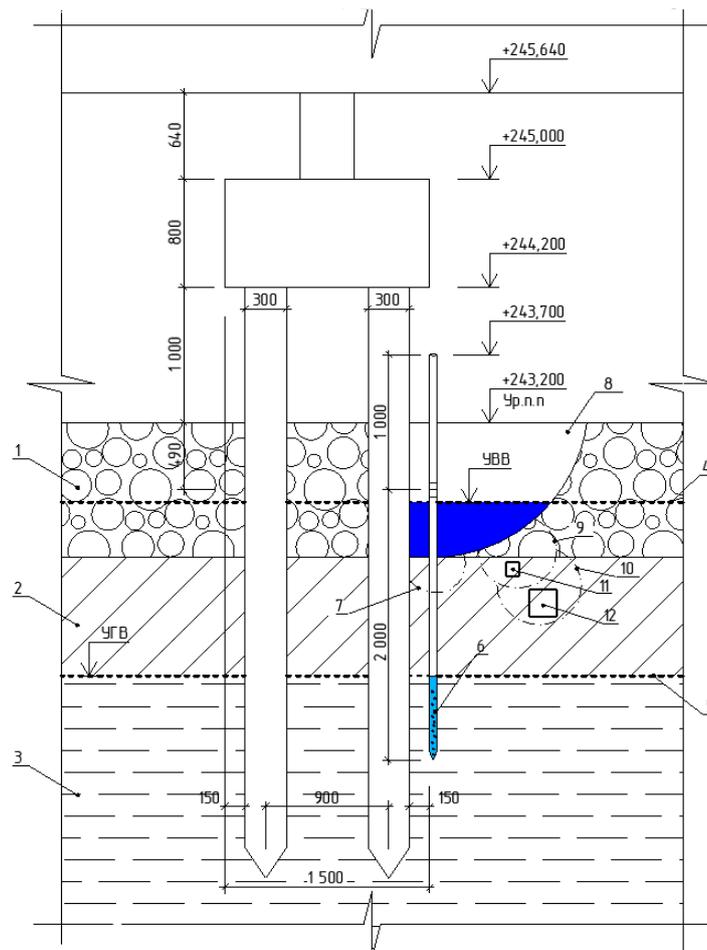


Рис.1. Наблюдательная скважина в приемке с верховодкой:

1 - намывной галечниковый грунт с глинистым заполнителем; 2 - суглинок; 3 - природный водоносный галечниковый грунт; 4 - верховодка; 5 - грунтовые воды; 6 - наблюдательная скважина; 7 - приемок для откачки воды; 8 - приемок с выборкой верхней части глинистого водоупора; 9 – первый этап разработки грунта в приемке для отбора монолита №1; 10 – второй этап разработки грунта в приемке для отбора монолита №2; 11 - Монолит №1 (15x15см, плотность – 19.5 кН/м3); 12 - Монолит №1 (20x20см, плотность – 20.4 кН/м3)

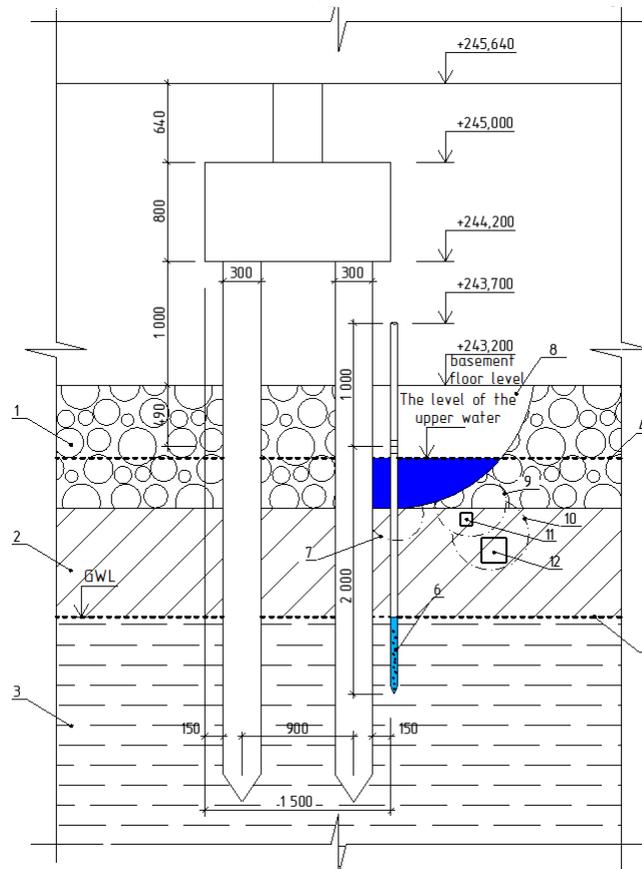


Fig.1. Observation well in the pit with perched water:

1 - alluvial pebble soil with clay filler; 2 - loam; 3 - natural aquifer pebble soil; 4 - top water; 5 - groundwater; 6 - observation well; 7 - pit for pumping water; 8 - pit with a sample of the upper part of the clay aquiclude; 9 - the first stage of excavation in the pit for the selection of monolith No. 1; 10 - the second stage of excavation in the pit for the selection of monolith No. 2; 11 - Monolith No. 1 (15x15 cm, density - 19.5 kN / m³); 12 - Monolith No. 1 (20x20cm, density - 20.4 kN / m³)

При отборе монолитов из приямок постоянно производится откачка воды из наиболее заглубленной его части. Сложность отбора монолитов связана с постоянным притоком воды в приямок.

Ускоренная фильтрация воды в исследуемом районе происходит из дренажных каналов, напрямую связанных с рекой Абакан. Данная гидросистема разработана Ленгидропроектом в 1972 после наводнения, которое произошло в 1969 году в городе Абакан. Сооруженная система дамб обеспечивает защиту города от наводнения. [8]

Измерение уровня верховодки осуществлялось относительно уровня верха трубы и уровня поверхности воды верховодки, при помощи обычной рулетки. Уровень грунтовых вод измерялся при помощи погружения в трубу упругого шланга меньшего диаметра. Шланг внедрялся в трубу до упора. После извлечения его из трубы, на шланге оставался след воды, который и фиксировался. Все данные фиксировались в журнале с примечаниями об осадках и уровнях воды в дренажных каналах.

Необходимо отметить, что на точке наблюдения в подвале корпуса ХТИ сформировалась линза водоупора, в связи с которой и образовалась верховодка.

Аналогичная конструкция используется для осуществления геотехнического мониторинга на этапе эксплуатации оползневого участка дороги Абакан-Подсине. [13-15]. Также, как и в корпусе «Б» в

наблюдательный колодец была установлена пьезометрическая скважина. Наблюдения за динамикой грунтовых вод осуществляются при помощи уровнемера воды (рис. 2).

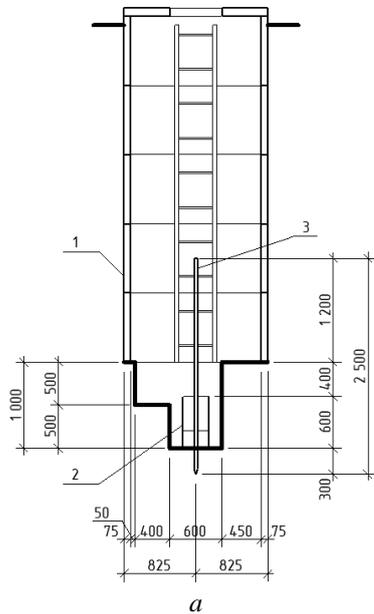


Рис. 2. Пьезометрическая скважина в наблюдательном колодце: *a* - Конструкция наблюдательного колодца: 1 – ж/б колодец, 2 – приямок из стальной трубы, 3 – пьезометрическая скважина; *b* - производство замеров

Fig. 2. Piezometric well in the observation well: *a* - Construction of the observation well: 1 - reinforced concrete well, 2 - steel pipe pit, 3 - piezometric well; *b* - production of measurements

Если для подвала Б корпуса ХТИ результаты наблюдений необходимы для исследования взаимосвязи поверхностных вод дренажных каналов с грунтовыми водами, то экспериментальная площадка на оползне опасном участке дороги играет уже иную роль. Затрагивая этап эксплуатации после реконструкции дороги, ставится задача – предупреждение аварийной ситуации, для недопущения развития оползневого процесса или иными словами обеспечение эксплуатационной надежности [16]. Существует опасность, что при выпадении значительных атмосферных осадков или иных источников замачивания, например, утечки из водопровода при поливе дачных участков выше по склону, появятся подвижки грунта.

Проблема заключалась в том, что движение воды по водоупорной глине, которая была зафиксирована на глубинах 6 - 7 метров, провоцировало оползневый процесс [15].

Почему инцидент может повториться? Для такого мнения существует ряд причин-гипотез:

- Фиксация в период строительства погребенного ручья и его захоронение без прокладки в нем дренажных систем.
- Между траншеями при выемке слабого грунта на крупнообломочный имеются участки с неполной их выборкой.
- В существующих дренажных колодцах отсутствует организованный отвод воды. Отвод воды осуществлен путем дренажа через грунт, под ж/д дорогу в сторону автомобильной дороги.
- Осуществлена неполная выборка текучей супеси, по которой происходит движение верхних масс грунта при подъеме грунтовых вод.

В результате этих причин существует риск образования поверхностей скольжения, которые могут образоваться при подъеме грунтовых вод, как это и было в период наводнений в 2014 г. и 2021 г. Эволюция участка дороги показана на рисунке 3 (до реконструкции, в момент реконструкции, после реконструкции).



Рис. 3. Участок дороги Абакан – Подсинее: *a* – до реконструкции, *b* - во время реконструкции, *c* - после реконструкции

Fig. 3. Section of the road Abakan - Podsineye: *a* - before reconstruction, *b* - during reconstruction, *c* - after reconstruction

Повышение уровня грунтовых вод в наблюдательном колодце, предупредит нас о том, что на этапе высокого подъема воды, необходимо более внимательно и чаще вести мониторинг.

Так как в основном подходы геотехнического мониторинга в строительстве зданий и сооружений и строительстве дорог схожи [17], то нами на основе литературного обзора [18-24] была предложена система, в которую входит:

1. Наблюдения, показывающие смещения грунтовых массивов на разных глубинах. Наблюдение осуществляется путем установки марок на всех уровнях стыков колец колодца (рисунок 4). При возникновении смещений грунта, начнет двигаться колодец, соответственно деформации возникнут и на швах, что будет видно через марки. По маркам на данный момент никаких деформаций нет.



Рис. 4. Система марок на швах колец в наблюдательном колодце: *a* – система марок, *b* – одиночная марка

Fig. 4. The system of marks on the seams of the rings in the observation well: *a* - a system of marks, *b* - a single mark

2. Гидрогеологические исследования динамики уровня грунтовых вод с использованием пьезометрической скважины, описанной ранее (рис. 2). Измерения осуществляются при помощи уровнемера воды. Стоит отметить, что динамика изменения уровня грунтовых вод отслеживается. Также обнаружено появление верховодки, вызванной атмосферными осадками, стекающими по стенке наблюдательного колодца и конденсационной водой с чугунного люка.

3. Фиксация зазора между внутренней поверхностью стен колодца и концом направляющих приспособлений. Необходимо отметить, что обсадная труба, также является точкой слежения за смещением - репером. Было изготовлено приспособление на наблюдательной скважине, которое фиксирует зазор между внутренней поверхностью стенки колодца и концом приспособлений, закрепленных по сторонам света (рис. 5). Данное мероприятие позволит четко показывать смещение, если оно будет. Смещений на данный момент не наблюдается.

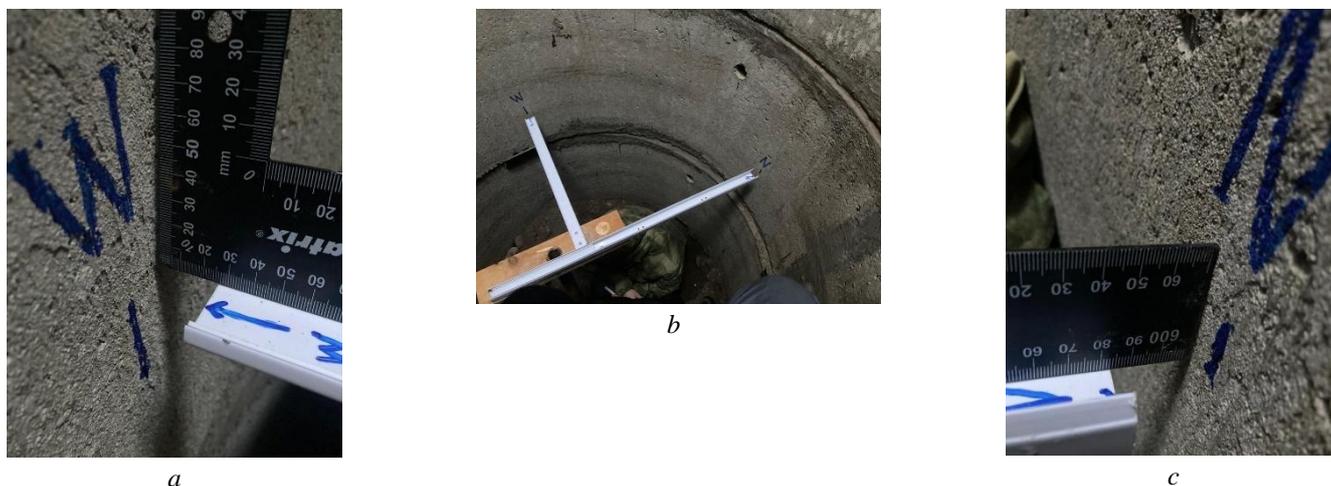


Рис. 5. Процесс измерения зазора: *a* – измерение отклонений на запад; *b* – вид сверху; *c* – измерение отклонений на север

Fig. 5. Clearance measurement process: *a* - measurement of deviations to the west; *b* - top view; *c* - measurement of deviations to the north

4. Мониторинг наклона земполотна и асфальтированной одежды производится дорожной рейкой. В настоящий период уклон составляет 60 промилей.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

К лету 2023 г. деформации не были зафиксированы, однако стоит опасаться возобновления процесса лет через 5-6, когда начнется увеличение атмосферных осадков. На рисунке 6 видны данные по осадкам в городе Абакан с 2020 по 2022 годы.

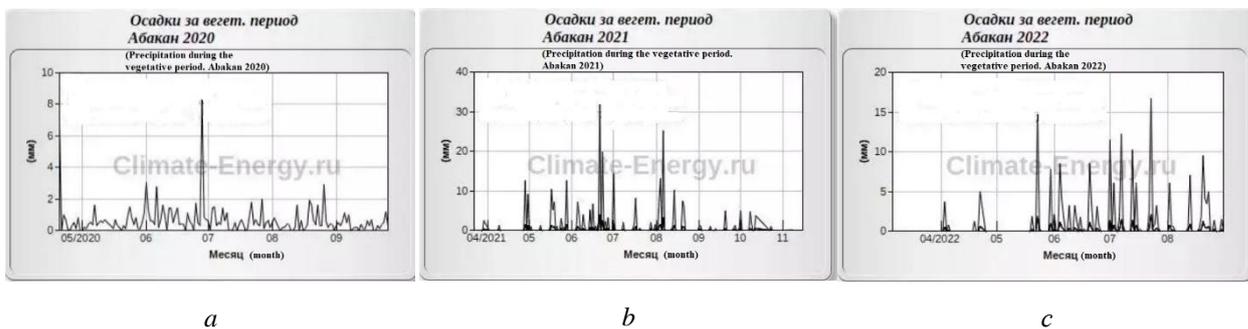


Рис. 6. Данные по осадкам в городе Абакан (База данных Climate-Energy.ru): *a* - 2020 г., *b* - 2021 г., *c* - 2022 г.

Fig. 6. Precipitation data in the city of Abakan (Climate-Energy.ru database): *a* - 2020, *b* - 2021, *c* - 2022

Стоит отметить, что даже если мониторинг и в будущем не покажет деформаций, это только докажет, что проведенные работы по реконструкции (с учетом зафиксированных дефектов) будут полезны в практике дорожного строительства. Но в случае возникновения смещений, благодаря наблюдениям будет виден «тренд развития процесса» и будут приняты оперативные меры по их предотвращению.

Возвращаясь к вопросу связи грунтовых вод и верховодки, на основе результатов наблюдений за динамикой колебаний верховодки и залегающих ниже созданного водоупора грунтовых вод, были построены графики динамики верховодки и грунтовых вод (рис. 7). Представленный график колебаний этих вод показывает, что между грунтовыми водами и верховодкой, отсутствует связь.

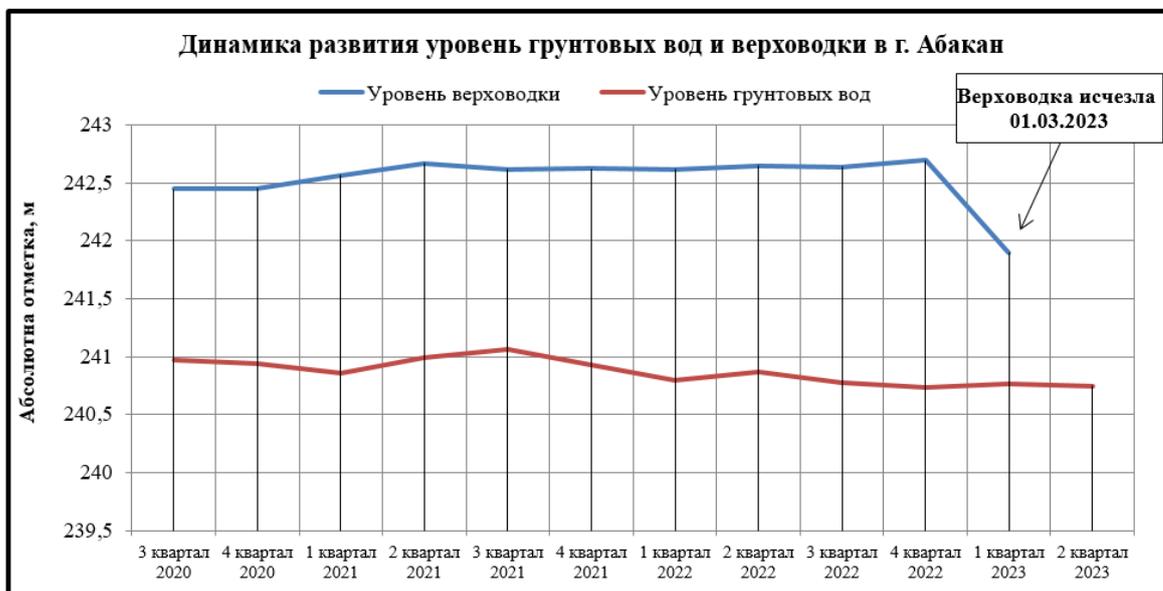


Рис. 7. График динамики верховодки и грунтовых вод

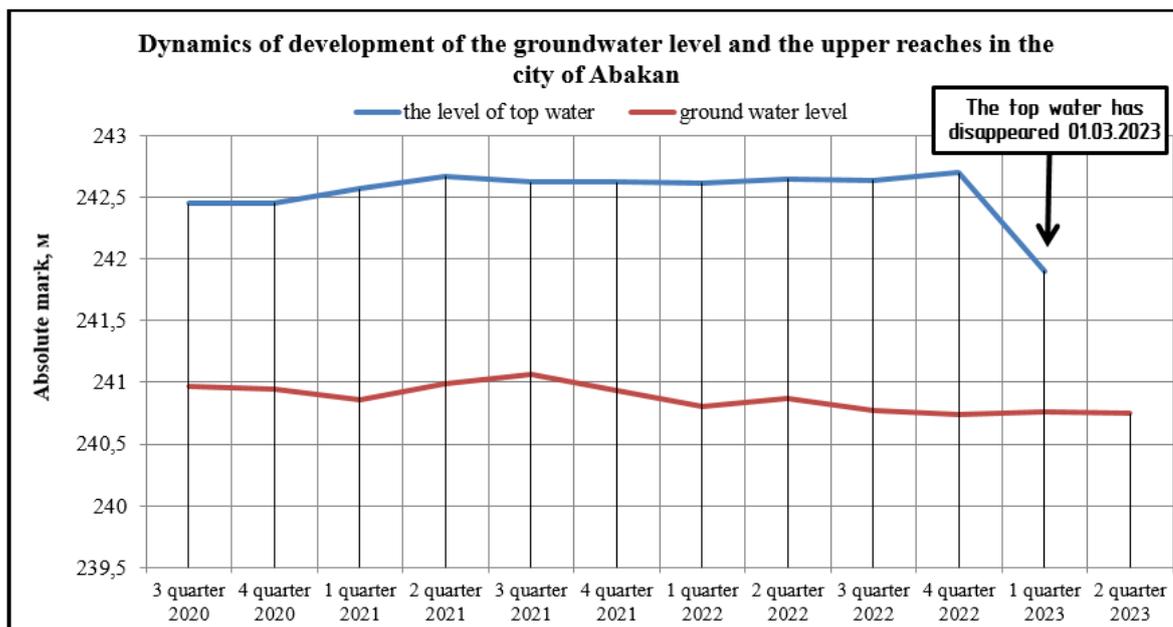


Fig. 7. Graph of the dynamics of perched water and groundwater

Стоит отметить, что 01.03.2023 г. нам удалось убедиться в формировании верховодки, хотя поднимался вопрос о том, что это установившийся верхний слой воды. Такая гипотеза имела место быть, в связи с тем, что предполагаемая верховодка сохранялась в течение четырех лет. Однако малое количество атмосферных осадков в 2022-2023 годах, несмотря на прошедший паводок, совпавший с интенсивными дождями в июне 2023 г., не привел в этом году к образованию верховодки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Таким образом сооруженная система мониторинга (наблюдательный колодец, пьезометрическая скважина в приемке подвала), не нуждается в дорогостоящем оборудовании и охранной сигнализации, долго будет давать результаты режимных наблюдений и предупреждать развитие оползневых процессов на участке дороги. Наблюдения за динамикой воды в подвале корпуса «Б» ХТИ-филиала СФУ помогут зафиксировать опасность в период появления верховодки. С 2019 года верховодка была, но вследствие малых осадков в 2022 и 2023 годах верховодка исчезла. Риск оползневых процессов возникнет в первую очередь при появлении верховодки.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гюльмамедов Ч. Д. Влияние техногенной деятельности человека на гидрогеологические условия // Международный журнал «Наука и мир». 2020. №. 2. С. 78.
2. Прядуненко, Т. И., Назипова Д. Х. Влияние водохранилищ на окружающую среду Голодностепского региона // Геоэкологические проблемы современности и пути их решения: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Орел, 20 мая 2022 года. С. 114-121.
3. Морозова Л. А., Декина А. М. Особенности воздействия водохранилищ на окружающую среду и речные экосистемы // Природно-ресурсный потенциал Прикаспия и сопредельных территорий: проблемы его рационального использования. 2022. С. 34-41.

4. *Шурыгин С. Г., Денисенко Г. Д.* Влияние повышения уровня воды в реке Волге после строительства водохранилища на химический состав грунтовых вод прилегающих территорий // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2021. № 59. С. 105-108.
5. *Туова Т. Г.* Экологические проблемы Краснодарского водохранилища // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2015. №4 (171).
6. *Халимов О. З.* Анализ оползневых процессов на дорогах Хакасии перед мостами через реку Енисей с позиций всех этапов жизненного цикла сооружений // Фундаментальные и прикладные исследования. Актуальные проблемы и достижения. 2020. С. 13-18.
7. *Казаринов, А. Е.* Особенности технологии строительства земляного полотна автомобильных дорог на участках местности с верховодкой // Дальний Восток. Автомобильные дороги и безопасность движения: международный сборник научных трудов. Том № 21. Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет, 2021. С. 17-20.
8. *Легоньков Д. О., Халимов И. О., Халимов О. З.* Многолетний опыт наблюдений за формированием верховодки на объектах республики Хакасия // Актуальные вопросы строительства: взгляд в будущее. 2022. С. 340-344.
9. *Батрак, Г. И.* Гидрогеологические расчеты для оптимизации дренажа // Томск: Мониторинг. Наука и технологии. 2015. № 2 (23). С. 6-14.
10. *Сергеев С. В., Рыбалов А. И., Соколов Н. С.* Особенности сооружения свайных фундаментов в меловых грунтах // Жилищное строительство. 2017. № 4. С. 33-39.
11. *Калугина Ю. А.* Особенности расчета осадки фундаментов при строительстве на слабых грунтах в условиях имеретинской изменчивости // Фундаменты глубокого заложения и проблемы геотехники территорий. 2021. С. 147-163.
12. *Шкиря М. С.* Применение наземных геофизических исследований методом электротомографии в составе инженерно-геологических изысканий подтапливаемой территории одного из жилых районов г. Иркутска // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2022. Том 333. № 11. С. 160-170.
13. *Халимов О. З., Лысакова А. А., Корнелюк М. А.* Анализ причин и вариантов устранения оползня на дороге Абакан-Подсинее // Политранспортные системы. 2020. С. 115-119.
14. *Халимов О. З.* Геотехнический консалтинг на этапах жизненного цикла проекта устранения оползня на автомобильной дороге «Абакан-Подсинее» // Вестник Хакасского государственного университета им. НФ Катанова. 2021. № 2 (36). С. 23-27.
15. *Халимов, О. З.* Обоснование необходимости геотехнического мониторинга на этапе эксплуатации реконструированного оползневого участка автомобильной дороги Абакан-Подсинее // Материалы XII международной научно-технической конференции. Политранспортные системы, подсекция «Проблемы земляного полотна железных и автомобильных дорог в условиях холодного климата». 21-22 сентября 2022 г. Новосибирск. С. 44-49
16. *Грязнова Е. М.* Роль геотехнического мониторинга в обеспечении эксплуатационной надежности зданий // Инновации и инвестиции. 2022. № 4. С. 143-145.
17. *Аитиз Е. С.* Мониторинг эксплуатируемого земляного полотна (Теоретические основы и практические решения). 2002.
18. *Легоньков Д. О.* Исследование методов геотехнического мониторинга зданий и сооружений // Инвестиции, градостроительство, недвижимость как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения. 2022. С. 829-832.
19. *Кузина И. С., Быков Г. С.* Методы геотехнического мониторинга объектов нового строительства // Наука и инновации - современные концепции: сборник научных статей по итогам работы Международного научного форума, Москва, 28 августа 2020 года. С. 160-162.
20. *Мацкий С. И., Безуглова Е. В.* Геотехнический мониторинг транспортных сооружений на участках активного развития оползневых смещений грунтов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2017. № 4. С. 36-40.
21. *Логинова Е. В., Лошкарев Д. А.* Актуальные вопросы геомониторинга оползневого явления на 124 км участка трассы Р257 // Ответственный редактор. 2019. С. 14.
22. *Любин Н. В., Абдиев М. М., Долженко Е. Н.* Особенности технического обследования на участках развития оползневых процессов Features of technical inspection at landslide development sites // государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина. 2022. С. 274.
23. *Мацкий С. И., Лейер Е. В., Безуглова Е. В.* Мониторинг и моделирование оползневых процессов на примере города Сочи // Научные исследования и разработки. Строительство и архитектура. 2013. Т. 1. № 1. С. 54-61. DOI 10.12737/342.
24. *Шашкин А.Г., Шашкин К.Г., Богов С.Г., Шашкин В.А., Шашкин Н.А.* Мониторинг зданий и сооружений при строительстве и эксплуатации // Монография. СПб. Издательство института «Геореконструкция». 2021. 640 с.

REFERENCES

1. Gyl'mamedov CH. D. Vliyaniye tekhnogennoy deyatelnosti cheloveka na gidrogeologicheskiye usloviya [Influence of technogenic human activity on hydrogeological conditions]. *Mezhdunarodnyy zhurnal «Nauka i mir»* [International journal "Science and Peace"]. 2020. No 2. Pp. 78.
2. Pryadunenko, T. I., Nazipova D. KH. Vliyaniye vodokhranilishch na okruzhayushchuyu sredu Golodnostep'skogo regiona [Impact of reservoirs on the environment of the Hungry Steppe region]. *Geoekologicheskiye problemy sovremennosti i puti ikh resheniya: Materialy IV Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Geoecological problems of our time and ways to solve them: Proceedings of the IV All-Russian Scientific and Practical Conference], Orel, May 20, 2022. Pp. 114-121.
3. Morozova L. A., Dekina A. M. Osobennosti vozdeystviya vodokhranilishch na okruzhayushchuyu sredu i rechnyye ekosistemy [Features of the impact of reservoirs on the environment and river ecosystems]. *Prirodno-resursnyy potentsial Prikaspiya i sopredel'nykh territoriy: problemy yego ratsional'nogo ispol'zovaniya*. [Natural Resource Potential of the Caspian Sea and Adjacent Territories: Problems of Its Rational Use] 2022. Pp. 34-41.
4. Shurygin S. G., Denisenko G. D. Vliyaniye povysheniya urovnya vody v reke Volge posle stroitel'stva vodokhranilishcha na khimicheskiy sostav gruntovykh vod prilgayushchikh territoriy [Effect of water level rise in the Volga River after the construction of a reservoir on the chemical composition of groundwater in adjacent areas]. *Aktual'nyye problemy lesnogo kompleksa*. [Actual problems of the forest complex] 2021. No. 59. Pp. 105-108.
5. Tuova T. G. *Ekologicheskiye problemy Krasnodarskogo vodokhranilishcha* [Environmental problems of the Krasnodar reservoir]. *Vestnik Adygeyskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 4: Yestestvenno-matematicheskkiye i tekhnicheskkiye nauki*. [Bulletin of the Adyghe State University. Series 4: Natural-mathematical and technical sciences] 2015. No. 4 (171).
6. Khalimov O. Z. Analiz opolznevykh protsessov na dorogakh Khakasii pered mostami cherez reku Yenisey s pozitsiy vsekhn etapov zhiznennogo tsikla sooruzheniy [Analysis of landslide processes on the roads of Khakassia in front of bridges across the Yenisei River from the standpoint of all stages of the life cycle of structures]. *Fundamental'nyye i prikladnyye issledovaniya. Aktual'nyye problemy i dostizheniya*. [Fundamental and applied research. Actual problems and achievements.] 2020. Pp. 13-18.
7. Kazarinov, A. YE. Osobennosti tekhnologii stroitel'stva zemlyanogo polotna avtomobil'nykh dorog na uchastkakh mestnosti s verkhovodkoy [Features of the technology for the construction of subgrade roads on areas of terrain with perched water]. *Dal'niy Vostok. Avtomobil'nyye dorogi i bezopasnost' dvizheniya: mezhdunarodnyy sbornik nauchnykh trudov* [Far East. Highways and traffic safety: an international collection of scientific papers]. V. No. 21. Khabarovsk: Pacific State University, 2021. Pp. 17-20. (In Russian)
8. Legonkov D. O., Khalimov I. O., Khalimov O. Z. Mnogoletniy opyt nablyudeniya za formirovaniyem verkhovodki na ob'yektakh respubliki Khakasiya [Many years of experience in observing the formation of perched water at the sites of the Republic of Khakassia]. *Aktual'nyye voprosy stroitel'stva: vzglyad v budushcheye* [Actual issues of construction: a look into the future.] 2022. Pp. 340-344. (In Russian)
9. Batrak, G. I. *Gidrogeologicheskiye raschety dlya optimizatsii drenazha* [Hydrogeological calculations for drainage optimization]. *Tomsk: Monitoring. Nauka i tekhnologii* [Tomsk: Monitoring. Science and technology]. 2015. No. 2 (23). Pp. 6-14. (In Russian)
10. Sergeev S. V., Rybalov A. I., Sokolov N. S. Osobennosti sooruzheniya svaynykh fundamentov v melovykh gruntakh [Features of the construction of pile foundations in chalk soils]. *Zhilishchnoye stroitel'stvo* [Housing construction]. 2017. No. 4. Pp. 33-39. (In Russian)
11. Kalugina YU. A. Osobennosti rascheta osadki fundamentov pri stroitel'stve na slabyykh gruntakh v usloviyakh imeretinskoy nizmennosti [Features of calculating the settlement of foundations during construction on soft soils in the conditions of the Imereti lowland]. *Fundamenty glubokogo zalozeniya i problemy geotekhniki territoriy* [Deep Foundations and Problems of Geotechnical Territories]. 2021. Pp. 147-163. (In Russian)
12. Shkirya M. S. *Primeneniye nazemnykh geofizicheskikh issledovaniy metodom elektrotomografii v sostave inzhenerno-geologicheskikh izyskaniy podtapliyayemoy territorii odnogo iz zhilykh rayonov g. Irkutsk* [Application of ground-based geophysical surveys using the method of electrical tomography as part of engineering-geological surveys of a flooded area of one of the residential areas of Irkutsk] *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov* [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Engineering of georesources]. 2022. T. 333. No. 11. S. 160-170. (In Russian)
13. Khalimov O. Z., Lyspakova A. A., Kornelyuk M. A. Analiz prichin i variantov ustraneniya opolznya na doroge Abakan-Podsineye [Analysis of the causes and options for eliminating the landslide on the Abakan-Podsineye road]. *Politransportnyye sistemy* [Polytransport systems]. 2020. Pp. 115-119. (In Russian)
14. Khalimov O. Z. *Geotekhnicheskyy konsalting na etapakh zhiznennogo tsikla proyekta ustraneniya opolznya na avtomobil'noy doroge «Abakan- Podsineye»* [Geotechnical consulting at the stages of the life cycle of the project to eliminate the

landslide on the highway "Abakan-Podsineye"]. *Vestnik Khakasskogo gosudarstvennogo universiteta im. NF Katanova* [Bulletin of the Khakass State University. NF Katanov]. 2021. No. 2 (36). - Pp. 23-27. (In Russian)

15. Khalimov, O. Z. *Obosnovaniye neobkhodimosti geotekhnicheskogo monitoringa na etape ekspluatatsii rekonstruirovannogo opolzneвого uchastka avtomobil'noy dorogi Abakan-Podsineye* [Justification of the need for geotechnical monitoring at the stage of operation of the reconstructed landslide section of the Abakan-Podsineye highway]. *Materialy XII*

окончание приложения А

mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Politransportn-yye sistemy, podsektiya «Problemy zemlyanogo polotna zheleznykh i avtomobil'nykh dorog v usloviyakh kholodnogo klimata» [Materials of the XII International Scientific and Technical Conference. Polytransport systems, subsection "Problems of subgrade of railways and roads in cold climates"]. September 21-22, 2022. Novosibirsk. Pp. 44-49 (In Russian)

16. Gryaznova YE. M. *Rol' geotekhnicheskogo monitoringa v obespecheniye ekspluatatsionnoy nadezhnosti zdaniy* [The role of geotechnical monitoring in ensuring the operational reliability of buildings]. *Innovatsii i investitsii*. [Innovations and investments.] 2022. No. 4. Pp. 143-145.

17. Ashpiz YE. S. *Monitoring ekspluatiruyemogo zemlyanogo polotna (Teoreticheskiye osnovy i prakticheskiye resheniya)* [Monitoring of the exploited subgrade (Theoretical foundations and practical solutions)]. 2002.

18. Legon'kov D. O. *Issledovaniye metodov geotekhnicheskogo monitoringa zdaniy i sooruzheniy* [Study of methods of geotechnical monitoring of buildings and structures]. *Investitsii, gradostroitel'stvo, nedvizhimost' kak drayvery sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya territorii i povysheniya kachestva zhizni naseleniya*. [Investments, urban planning, real estate as drivers of the socio-economic development of the territory and improving the quality of life of the population]. 2022. Pp. 829-832.

19. Kuzina I. S., Bykov G. S. *Metody geotekhnicheskogo monitoringa ob'yektov novogo stroitel'stva* [Methods of geotechnical monitoring of new construction facilities] *Nauka i innovatsii - sovremenn-yye kontseptsii: sbornik nauchnykh statey po itogam raboty Mezhdunarodnogo nauchnogo foruma* [Science and innovations - modern concepts: collection of scientific articles based on the results of the work of the International Scientific Forum], Moscow, August 28, 2020. Pp. 160-162.

20. Matsiy S. I., Bezuglova YE. V. *Geotekhnicheskii monitoring transportnykh sooruzheniy na uchastkakh aktivnogo razvitiya opolznevykh smeshcheniy gruntov* [Geotechnical monitoring of transport facilities in areas of active development of landslide displacements of soils]. *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov* [Foundations, foundations and soil mechanics]. 2017. No. 4. Pp. 36-40.

21. Loginova YE. V., Loshkarev D. A. *Aktual'n-yye voprosy geomonitoringa opolzneвого yavlyayeniya na 124 km uchastka trassy R257* [Topical issues of geomonitoring of landslide phenomena at 124 km of the section of the P257 highway]. *Otvetstvennyy redaktor* [Editor-in-chief]. 2019. Pp. 14.

22. Lyubin N. V., Abdiyev M. M., Dolzhenko YE. N. *Osobennosti tekhnicheskogo obsledovaniya na uchastkakh razvitiya opolznevykh protsessov* *Features of technical inspection at landslide development sites* [Features of technical inspection at landslide development sites]. *gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni I.T. Trubilina*. [State Agrarian University named after I.T. Trubilin.] 2022. Pp. 274.

23. Matsiy S. I., Leyyer YE. V., Bezuglova YE. V. *Monitoring i modelirovaniye opolznevykh protsessov na primere goroda Sochi* [Monitoring and modeling of landslide processes on the example of the city of Sochi]. *Nauchn-yye issledovaniya i razrabotki. Stroitel'stvo i arkhitektura*. [Scientific research and development. Construction and architecture] 2013. T. 1. No 1. Pp. 54-61. DOI 10.12737/342.

24. Shashkin A.G., Shashkin K.G., Bogov S.G., Shashkin V.A., Shashkin N.A. *Monitoring zdaniy i sooruzheniy pri stroitel'stve i ekspluatatsii* [Monitoring of buildings and structures during construction and operation] // *Monografiya*. SPb. Izdatel'stvo instituta «Georekonstruktsiya» [Monograph. SPb. Publishing house of the Institute "Georeconstruction". 2021. 640 p.]. 2021. 640 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Об авторах: **Денис Олегович Легонок** — магистрант, группа 31-3, **Хакасский технический институт – филиал Сибирского федерального университета**, 655017, Россия, Республика Хакасия, г. Абакан. ул. Щетинкина, 27, denlegonkov@mail.ru, +7 952 746-73-93 ;

Олег Закривич Халимов — кандидат технических наук, доцент кафедры Строительство и Экономика, **Хакасский технический институт – филиал Сибирского федерального университета**, 655017, Россия, Республика Хакасия, г. Абакан. ул. Щетинкина, 27, halimovoz@mail.ru, +7 902 467-00-03

Дмитрий Юрьевич Сагалаков – начальник испытательной геостроительной лаборатории, **Общество с ограниченной ответственностью «Экспертиза Недвижимости»**, 655009, Россия, Республика Хакасия, г. Абакан, ул. Мартыанова, д. 24 sagalakov_d@mail.ru, +7 913 546-49-99

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

About the authors: **Denis Olegovich Legonkov** – master student, group 31-3, **Khakass Technical Institute – branch of the Siberian Federal University**, 655017, Russia, Republic of Khakassia, Abakan. st. Shchetinkina, 27, denlegonkov@mail.ru, +7 952 746-73-93;

Oleg Zakirovich Khalimov — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction and Economics, **Khakass Technical Institute - Branch of the Siberian Federal University**, 655017, Russia, Republic of Khakassia, Abakan. st. Shchetinkina, 27, halimovoz@mail.ru, +7 902 467-00-03

Dmitriy Yuryevich Sagalakov - head of the testing geostructuring laboratory, **Limited Liability Company "Real Estate Expertise"**, Russia, Republic of Khakassia, Abakan, st. Martyanova, house 24, sagalakov_d@mail.ru, +7 913 546-49-99

Contribution of the authors: all authors made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare no conflict of interest.

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»

кафедра «Строительство и экономика»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Г.Н. Шibaева

подпись инициалы, фамилия

«27» 06 2023 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Исследование и совершенствование научно-технического сопровождения

тема

оснований и фундаментов зданий в РХ

08.04.01 «Строительство»

код и наименование направления

08.04.01.16 «Промышленное и гражданское строительство: проектирование»

код и наименование магистерской программы

Научный руководитель


подпись, дата

канд. тех. наук, доцент

должность, ученая степень

О.З. Халимов

инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата

Д.О. Легонков

инициалы, фамилия

Рецензент


подпись, дата

Е.А. Темерева

инициалы, фамилия

Нормоконтролер


подпись, дата

Шibaева Г.Н.

инициалы, фамилия



Абакан 2023