

УДК 624.15

СТЕПАНОВ М. А.
ЧЕРНОВА А. Ю.

Актуальность проведения геотехнического мониторинга объектов строительства на примере города Тюмени



**Степанов
Максим
Андреевич**

кандидат технических наук,
доцент кафедры
«Геотехника» ФГБОУ ВО
«Тюменский индустриаль-
ный университет»
(ФГБОУ ВО «ТИУ»)

е-mail:
maxim_stepanov@inbox.ru



**Чернова
Анастасия
Юрьевна**

магистр ФГБОУ ВО
«Тюменский индустриаль-
ный университет»
(ФГБОУ ВО «ТИУ»)

е-mail:
anastasiya.0704@mail.ru

В статье рассмотрена актуальность проведения своевременного геотехнического мониторинга строящихся зданий и сооружений, проведен анализ нормативной документации в части предъявляемых требований к геотехническому мониторингу. Представлены результаты проведения геотехнического мониторинга с целью контроля за механической безопасностью объектов строительства в г. Тюмени и решения задачи по выбору метода стабилизации неравномерных осадок одного из зданий в рамках научно-технического сопровождения строительства.

Ключевые слова: геотехнический мониторинг, безопасность зданий, научно-техническое сопровождение, неравномерность осадок, стабилизация осадок.

STEPANOV M. A., CHERNOVA A. Yu.

THE ACTUALITY OF GEOTECHNICAL MONITORING OF CONSTRUCTION OBJECTS ON THE EXAMPLE OF TYUMEN

The article discusses about the actuality of timely geotechnical monitoring of the buildings and surrounding structures. Analysis of the regulatory standards, regarding the geotechnical monitoring requirements, was done. Authors presents the results of buildings geotechnical monitoring in one of Tyumen districts for mechanical safety control purposing and choosing the method of the differential settlements stabilization as part of construction scientific-technical support.

Keywords: geotechnical monitoring, building safety, scientific-technical support, differential settlements, settlements stabilization.

Введение

В последние годы в России строительство развивается высокими темпами. В городах преимущественно возводят высотные и повышенной этажности здания и сооружения. При этом из-за ряда причин все чаще возникают значительные неравномерные деформации, аварии, обрушения зданий и сооружений, как относящихся к существующей застройке при влиянии на нее нового строительства, так и вновь построенных после ввода в эксплуатацию [1–11].

Одним из способов решения задачи обеспечения надежности зданий и сооружений является проведение геотехнического мониторинга. На сегодняшний день существуют различные методики проведения наблюдений за зданиями, основанные на современных технологиях [12–22].

В строительную практику понятие геотехнического мониторинга введено В. М. Улицким в конце XX в. Совместно с А. Г. Шашкиным им разработана концепция геотехнического сопровождения строительства и реконструкции, на основе которой разработаны и утверждены Госстроем России территориальные строительные нормы г. Санкт-Петербурга [23]. Согласно этой концепции устанавливалась геотехническая категория сложности объекта, зависящая от уровня ответственности объекта, технического состояния окружающей застройки и риска, обусловленного реконструкцией или новым строительством, а также необходимость проведения мониторинга качества выполненных работ и сохранности зданий и сооружений для 2-й и 3-й геотехнической категории.

Впервые основные требования к геотехническому мониторингу (цель, состав, объемы,

Таблица 1. Геотехнический мониторинг в системе нормативной документации

Документ	Дата введения	Статус на июнь 2018	Основные положения о геотехническом мониторинге
Федеральный закон № 384-ФЗ	1 июля 2010		Мониторинг состояния основания, строительных конструкций как способ обеспечения безопасности зданий и сооружений в процессе эксплуатации
СП 50-101-2004	9 марта 2004	Действующий	Основные требования к геотехническому мониторингу (цель, состав, объемы, методы и перечень работ)
ГОСТ 31937–2011	1 января 2014	Действующий, обязательный	Правила и рекомендации по проведению общего мониторинга технического состояния зданий и сооружений
СП 22.13330.2011	20 мая 2011	Отменен в части, обязательные пункты действующие	Основные критерии для определения необходимости проведения геотехнического мониторинга в зависимости от высоты здания, глубины котлована, уровня ответственности и категории сложности ИГУ
СП 22.13330.2016	17 июня 2017	Действующий, добровольный	Понятие геотехнической категории, необходимость проведения геотехнического мониторинга для объектов 2-й и 3-й геотехнической категории
СП 248.1325800.2016	1 сентября 2016	Действующий, добровольный	Повторяет положения СП 22.13330.2016
СП 305.1325800.2017	18 апреля 2018	Действующий	Детализирует положения СП 22.13330.2016 в части применяемых методов наблюдений, анализа результатов мониторинга и алгоритма действий при выявлении неблагоприятной ситуации, дополняет в части проведения мониторинга в особых условиях

методы и перечень работ) на федеральном уровне кратко приводятся в СП 50 101 2004, а его необходимость обозначена в Федеральном законе № 384-ФЗ.

За последние годы в новых и актуализируемых редакциях строительных норм происходило развитие и расширение требований, предъявляемых к геотехническому мониторингу, завершившееся на данный момент выходом СП 305.132580, полностью ему посвященного (Таблица 1).

Новые нормативы устанавливают необходимость проведения геотехнического мониторинга для 2-й и 3-й геотехнической категории, т. е. для всех объектов нормального и повышенного уровней ответственности. После внесения изменений в Перечень национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), которые на обязательной основе обеспечивают соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», эти пункты могут стать обязательными. Это делает необходимым для застройщиков проведение геотехнического мониторинга практически всех новостроек. Геотехнический мониторинг является важным инструментом по обеспечению надежности и безопасной эксплуатации зданий и сооружений на всех этапах строительного процесса. При этом определение его основных параметров с учетом требований современных нормативов является актуальной задачей.

1 Программа геотехнического мониторинга

Геотехнический мониторинг проводится в соответствии с программой, разрабатываемой в составе проектной документации. В программе геотехнического мониторинга определяются состав, объемы, периодичность и методы работ с учетом необходимых особенностей строительной площадки.

Алгоритм составления программы геотехнического мониторинга:

1) Определение основных параметров объекта строительства.

2) Выбор геотехнической категории в зависимости от уровня ответственности здания и категории сложности инженерно-геологических условий строительной площадки.

3) Выбор контролируемых параметров в зависимости от параметров объекта и его геотехнической категории.

4) Определение сроков геотехнического мониторинга и периодичности фиксации изменений контролируемых параметров.

5) Установление требований к отчетной документации и анализу полученных результатов.

2 Апробация алгоритма составления программы геотехнического мониторинга

В рамках внедрения геотехнического мониторинга с целью контроля за механической безопасностью зданий и сооружений в г. Тюмени проведены комплексные исследования 16 объектов в одном из микрорайонов города.

Составленной на основе разработанного алгоритма программой геотехнического мониторинга, помимо обследования технического состояния зданий и анализа инженерно-геологических условий площадки строительства жилых домов, предусматривалась фиксация изменений следующих основных контролируемых параметров:

- 1) осадка;
- 2) относительная разность осадок;
- 3) дополнительные осадки фундаментов и их относительная разность;
- 4) ширина раскрытия и глубина образования трещин.

Для оценки результатов геотехнического мониторинга в разработанной программе предлагается три уровня геотехнического риска (по наибольшему из полученных значений для данного сооружения) (Таблица 2).

Таблица 2

Отношение фактического значения показателя к нормативному	Уровень геотехнического риска	Рекомендации
От 0 до 75%	Зеленый (нормальный)	Дополнительных мероприятий на данный момент не требуется
От 75 до 100%	Желтый (повышенный уровень внимания)	Для оценки динамики развития деформаций необходима дополнительная фиксация смещений сооружения два раза с периодичностью раз в 6 месяцев
Свыше 100%	Красный (высокий уровень внимания)	Требуется проведение инструментального обследования технического состояния строительных конструкций здания. Дополнительная фиксация смещений сооружения четыре раза с периодичностью раз в 3 месяца

Таблица 3. Сводная таблица результатов анализа данных геодезической съемки

№ п/п	Материал стен	Год постройки	Максимальная относительная разность осадок	Предельно допустимая разность осадок	Отношение относительной разности осадок к предельно допустимой	Уровень риска
1	Кирпич	2010	0,0038	0,0024	158%	Красный
2	Кирпич	2007	0,0053	0,0024	221%	Красный
3	Панель	2007	0,0046	0,0016	288%	Красный
4	Кирпич	2007	0,0048	0,0024	200%	Красный
5	Панель	2007	0,0038	0,0016	238%	Красный
6	Панель	2008	0,0026	0,0016	163%	Красный
7	Кирпич	2008	0,0033	0,0024	138%	Красный
8	Кирпич	2010	0,0010	0,0024	42%	Зеленый
9	Кирпич	2007	0,0026	0,0024	108%	Красный
10	Панель	2007	0,0006	0,0016	38%	Зеленый
11	Кирпич	2009	0,0034	0,0024	142%	Красный
12	Панель	2009	0,0024	0,0016	150%	Красный
13	Панель	2009	0,0029	0,0016	181%	Красный
14	Кирпич	2009	0,0025	0,0024	104%	Красный
15	Панель	2009	0,0023	0,0016	144%	Красный
16	Панель	2008	0,0039	0,0016	244%	Красный



Иллюстрация 1. Схема распределения уровней геотехнического риска на исследуемой территории. URL: <https://yandex.ru/maps/55/tyumen> (дата обращения: 31.05.2018)

Полученные данные позволяют оценить неравномерность перемещения точек и могут служить первым сигналом о возможности возникновения опасных ситуаций, что становится поводом для повышенного контроля за состоянием зданий.

Оценка результатов геодезической съемки представлена в Таблице 3.

Анализ полученных данных показал, что из 16 объектов геотехнического мониторинга только для двух отношение максимальной относительной разности осадок к предельно допустимой составляет менее 75%. Для остальных 14 объектов данное отношение составляет от 104 до 288% (Иллюстрация 1).

После анализа результатов проведенного обследования заказчику были даны рекомендации по выполнению замеров каждые три месяца в течение года для фиксации динамики развития неравномерных осадок во времени и выдачи заключения о дальнейших работах, в рамках инструментального обследования строительных конструкций зданий и сооружений.

3 Устранение неравномерности осадок здания

Для одного из объектов в г. Тюмени геотехнический мониторинг, проводившийся с начала строительства, выявил необходимость стабилизации незатухающих неравномерных осадок. По данным мониторинга на 2014 г.,

здание имело отклонение от вертикали в уровне парапета — 19 см.

После обнаружения проблемы подрядчиком было выполнено усиление грунтов основания грунтоцементными сваями (ГЦС) диаметром 600 мм, длиной 4,5 м, на участках максимальных напряжений под фундаментной плитой.

Продолжающийся геотехнический мониторинг показал дальнейшее развитие неравномерности осадок и их незатухающий характер, что привело к необходимости проведения научно-технического сопровождения строительства с целью выбора метода усиления оснований, способного уменьшить сверхнормативные неравномерные осадки и стабилизировать их.

Исследуемый объект представляет собой 12-этажную секцию кирпичного жилого дома, прямоугольной формы в плане с габаритными размерами в осях $13,69 \times 26,3$ м с подземным этажом. В геологическом строении изучаемого разреза строительной площадки принимали участие отложения верхнечетвертичного и современного возраста. Основание сложено суглинками различного состава и состояния, насыпного грунта, состоящего из суглинка, песка и строительного мусора, и нижним слоем плотного мелкого песка вскрытой мощностью от 5,8 до 6 м.

Для численного моделирования в программном комплексе Plaxis была выбрана модель упрочняющегося грунта Hardening Soil. Расчет выполнялся с учетом стадийной технологии производства работ и консолидации.

Для исследования сложившейся ситуации выполнен анализ напряженно-деформированного состояния основания в настоящий момент и после завершения фильтрационной консолидации в условиях начального состояния здания, построенного по проекту (Иллюстрация 2), и с учетом выполненного первого усиления грунтоцементными сваями длиной 4,5 м (Иллюстрация 3).

Построенная модель коррелирует с данными геотехнического мониторинга (погрешность до 8%).

Далее был рассмотрен вариант дополнительного усиления основания грунтоцементными сваями (ГЦС) длиной 10,2 м, предложенный подрядчиком (Иллюстрация 4).

В качестве альтернативного варианта было предложено использовать сваи типа «Атлант» длиной 24 м с опиранием их в нижний слой прочного плотного песка (Иллюстрация 5). В данном случае пред-

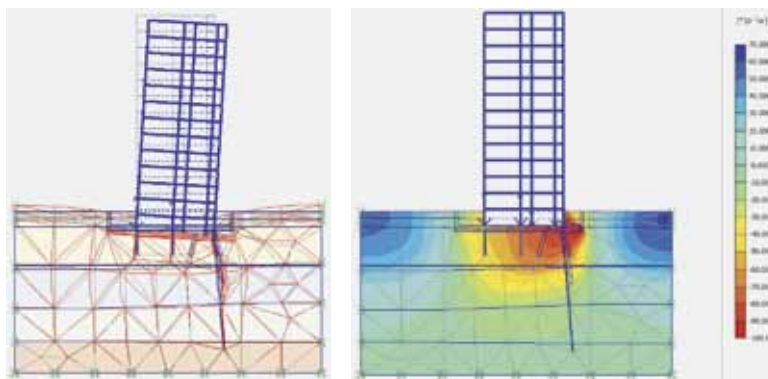


Иллюстрация 2. Деформированная схема и вертикальные перемещения грунтов основания после завершения фильтрационной консолидации грунтов основания без усиления. Авторы: М. А. Степанов, А. Ю. Чернова

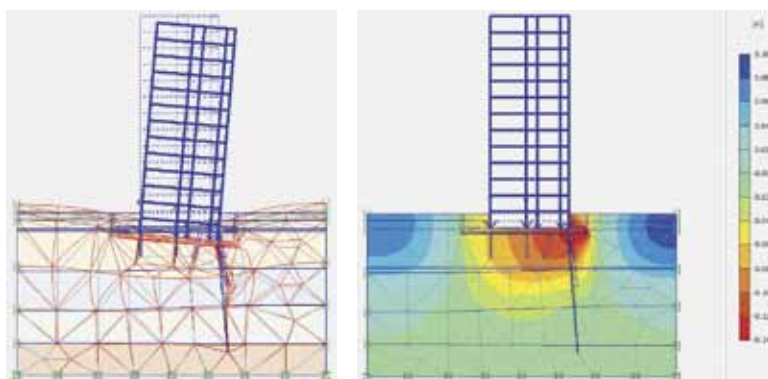


Иллюстрация 3. Деформированная схема и вертикальные перемещения после завершения фильтрационной консолидации с учетом первого усиления ГЦС длиной 4,5 м. Авторы: М. А. Степанов, А. Ю. Чернова

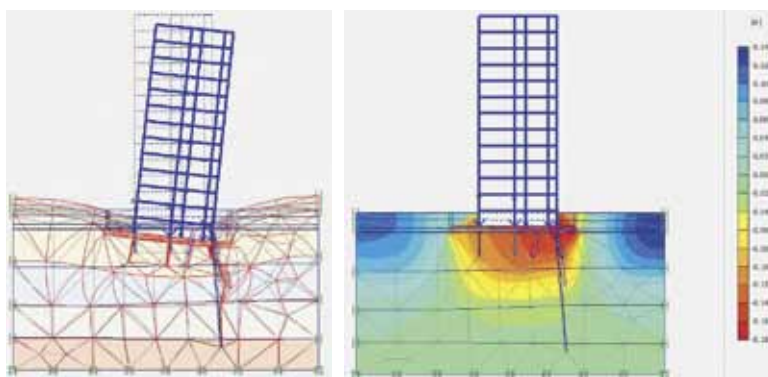


Иллюстрация 4. Деформированная схема и вертикальные перемещения после усиления грунтоцементными сваями длиной 10,2 м. Авторы: М. А. Степанов, А. Ю. Чернова

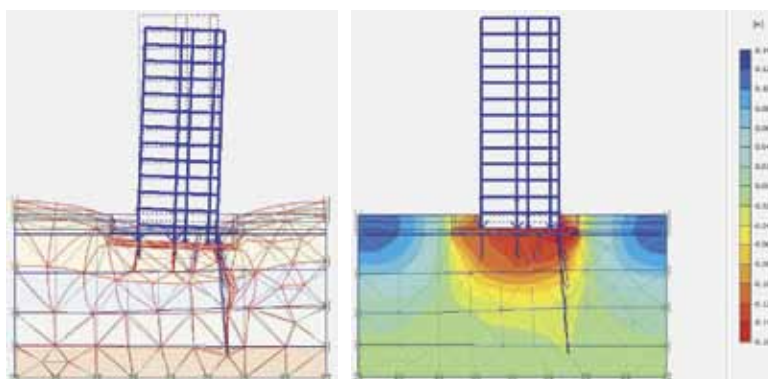


Иллюстрация 5. Деформированная схема и вертикальные перемещения после усиления сваями типа «Атлант». Авторы: М. А. Степанов, А. Ю. Чернова

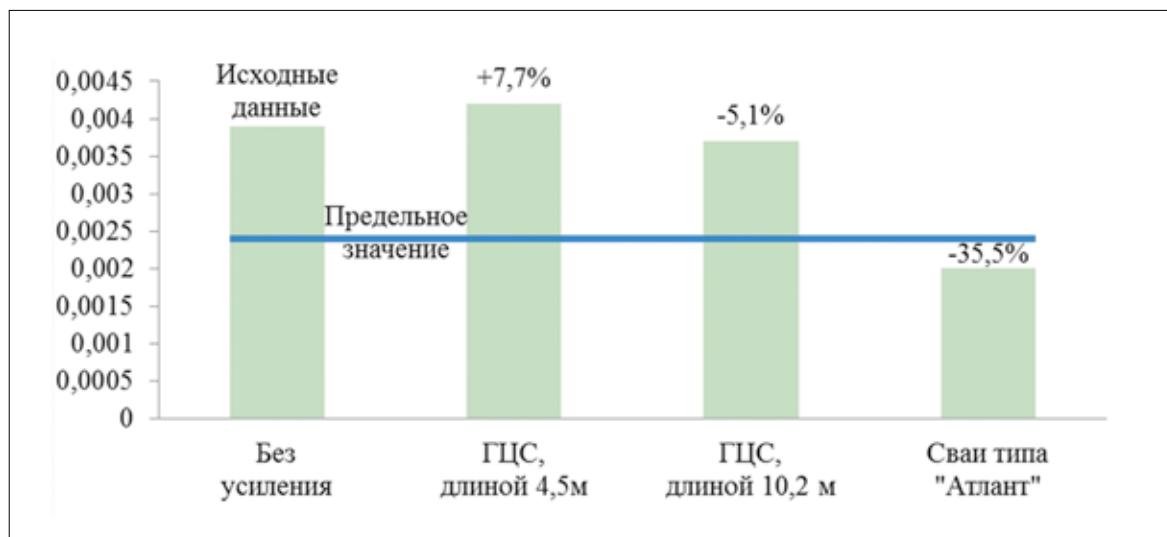


Иллюстрация 6. Неравномерность осадок на различных этапах усиления основания. Авторы: М. А. Степанов, А. Ю. Чернова

лагается использовать данную сваю как опору, которая зафиксирует положение дома, позволит стабилизировать и со временем минимизировать относительную разность осадок жилого дома.

На основании полученных данных построен график значений неравномерности осадок здания для различных вариантов усиления основания (Иллюстрация 6).

Анализ результатов научно-технического сопровождения строительства показал, что выполненное усиление грунтоцементными сваями длиной 4,5 м не устраняет неравномерность осадок здания, а после завершения фильтрационной консолидации относительная разность осадок только увеличится на 7,7%. Предложенный подрядчиком вариант последующего усиления грунтоцементными сваями длиной 10,2 м позволит снизить неравномерность осадок на 5%.

Применение свай, устраиваемых по технологии «Атлант», принятое в результате к производству работ, позволяет снизить неравномерность осадок на 35,5% и добиться значений, не превышающих нормативных.

В настоящее время работы по усилению основания завершены, геотехнический мониторинг продолжается и подтверждает правильность принятых решений, а также важность его своевременного проведения для обеспечения безопасности зданий и сооружений.

Заключение

Проведение своевременного геотехнического мониторинга позволяет обнаружить возможность возникновения аварийной ситуации на ранней стадии и принять необходимые меры по решению задачи усиления основания. Новые нормативы в области строительства убеждают его необходимость для большинства современных зданий на всех стадиях строительного процесса.

В случае, если эти меры станут обязательными к применению, внедрение геотехнического мониторинга в общую практику позволит избежать серьезных проблем, вызванных сверхнормативными осадками, путем постоянного контроля за надежностью и механической безопасностью зданий и сооружений.

Список использованной литературы

- 1 Богов С. Г. Геотехнический мониторинг при нулевом цикле строительства зданий с подземным простран-

ством/С. Г. Богов, Н. П. Бочкарев // Жилищное строительство. — 2015. — № 1. — С. 36–41.

- 2 Грязнова Е. А. Обеспечение безопасности и эксплуатационной надежности зданий при строительстве и реконструкции // Научное обозрение. — 2017. — № 20. — С. 15–17.
- 3 Ильичев В. А. Обеспечение конструктивной безопасности объектов с подземной частью путем преобразования свойств грунтов (на примере Алабяно-Балтийского тоннеля в Москве)/В. А. Ильичев, Н. С. Никифорова, Ю. А. Готман // ОФМГ. — 2017. — № 2. — С. 35–39.
- 4 Грязнова Е. А. Обеспечение безопасности и эксплуатационной надежности зданий при строительстве и реконструкции // Научное обозрение. — 2017. — № 20. — С. 15–17.
- 5 Новиков Ю. А. О необходимости геотехнического мониторинга объектов историко-культурного наследия на примере г. Тюмени/Ю. А. Новиков, В. Н. Щукина, Ю. Е. Голякова // Интерэкспо Гео Сибирь. — 2017. — Т. 1. — № 2. — С. 66–70.
- 6 Осокин А. И. Система геотехнического мониторинга как средство обеспечения безопасности строительства/А. И. Осокин, С. В. Татаринов, О. О. Денисова, Е. В. Макарова // Жилищное строительство. — 2014. — № 9. — С. 10–18.
- 7 Петрухин В. П. Геотехнические проблемы строительства в Москве — крупнейшем мегаполисе России // Геотехнические проблемы мегаполисов. — Т. 1. — СПб.: Изд-во «Группа компаний Геореконструкция», 2010. — С. 259.
- 8 Пономарев А. Б. Геотехнический мониторинг жилого дома/А. Б. Пономарев, А. В. Захаров, С. А. Сазонова, С. В. Калошина, М. А. Безгодов, Р. И. Шенкман, Д. Г. Золотозубов // Жилищное строительство. — 2015. — № 9. — С. 41–45.
- 9 Степанов М. А. Устранение прогрессирующего развития неравномерности осадок многоэтажного жилого дома на ленточных свайных фундаментах [Электронный ресурс]/М. А. Степанов, Т. В. Мальцева, А. Н. Краев, Л. А. Бартоломей, А. М. Караулов // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». — Т. 9. — 2017. — № 4. — URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/62TVN417.pdf>.

- 10 Castagnetti C. Geodetic monitoring and geotechnical analyses of subsidence induced settlements of historic structures/C. Castagnetti, R.M. Cosentini, R. Lancellotta, A. Capra // *Structural Control and Health Monitoring*. — Vol. 24. — Iss. 12, December 2017 (номер статьи e2030).
- 11 Gudehus G. On the stability of geotechnical systems and its fractal progressive loss/G. Gudehus, A. Touplikiotis // *Acta Geotechnica*. — Vol. 13. — Iss. 2, 1 April 2018. — P. 317–328.
- 12 Зехниев Ф. Ф. Инструментальные наблюдения за грунтовым массивом склона на объекте строительства храма Архангела Михаила в д. Путилково Московской области/Ф. Ф. Зехниев, Д. А. Внуков, С. В. Астафьев, Т. Г. Григорян // *Вестн. ПНИПУ*. — № 4. — 2014. — С. 286–297.
- 13 Ланис А. Л. Повышение качества усиления грунтовых массивов по результатам геотехнического мониторинга/А. Н. Ланис, Д. А. Разуваев // *Вестн. Сиб. гос. ун-та путей сообщения*. — 2017. — № 4 (43). — С. 5–11.
- 14 Мангушев Р. А. Влияние строительства трехуровневого подземного пространства на жилые здания окружающей застройки/Р. А. Мангушев, Н. В. Ошурков, В. Э. Гутковский // *Жилищное строительство*. — 2010. — № 5. — С. 23.
- 15 Мирсаяпов И. Т. Геотехнический мониторинг здания при реконструкции памятника истории и архитектуры/И. Т. Мирсаяпов, Р. Р. Хасанов, Д. Р. Сафин // *Изв. Казан. гос. арх.-строит. ун-та*. — 2016. — № 4 (38). С. 270–276.
- 16 Мирсаяпов И. Т. Особенности геотехнического мониторинга уникальных зданий и сооружений/И. Т. Мирсаяпов, И. В. Королева // *Изв. КГАСУ*. — 2013. — № 4 (26). — С. 167–172.
- 17 Пронозин Я. А. Геотехнический мониторинг строительства жилого дома на ленточно-оболочечных фундаментах в городе Тюмени/Я. А. Пронозин, Л. Р. Епифанцева, М. А. Степанов, В. М. Чишкин // *Промышленное и гражданское строительство*. — 2017. — № 10. — С. 59–66.
- 18 Улицкий В. М. Причины обрушения жилого дома на Двинской ул. в Петербурге/В. М. Улицкий, А. Г. Шашкин, К. Г. Шашкин // *Реконструкция городов и геотехническое строительство*. — СПб.: Изд-во «Геореконструкция-Фундаментпроект», 2003. — № 5. — С. 153–159.
- 19 Югов А. М. Геотехнический мониторинг при устройстве «стены в грунте» в стесненных условиях/А. М. Югов, Н. С. Новиков, А. С. Гаврилюк // *Вестн. МГСУ*. — 2015. — № 7. — С. 57–68.
- 20 Matsiy V. Geotechnical Monitoring of the Automobile Road // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. — Vol. 95. — Iss. 2, 21 December. — 2017 (номер статьи 022029).
- 21 De Souza Campelo N. Georeferenced monitoring of displacements of gabion walls/N. De Souza Campelo, M. J. G. S. Filho, O. C. De Paiva Valadares, M. D. Da Costa Paes, A. F. Aragão // *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Geotechnical Engineering*. — Vol. 171. — Iss. 1, 1 February. — 2018. — P. 64–77.
- 22 Romanova G. Management and Monitoring of Urban Environment in the Integrated Development of Underground Space/G. Romanova, M. Pleshko, M. Rossinskaya, N. Saveleva, A. Pankratenko // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. — Vol. 692. — 2018. — P. 1111–1124.
- 23 Улицкий В. М. Концепция геотехнического сопровождения строительства и реконструкции для новой редакции петербургских геотехнических норм/В. М. Улицкий, А. Г. Шашкин // *Реконструкция городов и геотехническое строительство*. — № 5. — СПб.: Изд-во «Геореконструкция-Фундаментпроект», 2002. — С. 29–43.
- 4 Gryaznova E. A. Obespechenie bezopasnosti i ehkspluatacionnoj nadezhnosti zdaniy pri stroitel'stve i rekonstrukcii // *Nauchnoe obozrenie*. — 2017. — № 20. — S. 15–17.
- 5 Novikov Yu. A. O neobходимosti geotekhnicheskogo monitoringa ob'ektov istoriko-kul'turnogo naslediya na primere g. Tyumeni / Yu. A. Novikov, V. N. Shchukina, Yu. E. Golyakova // *Interehkspo Geo Sibir'*. — 2017. — T. 1. — № 2. — S. 66–70.
- 6 Osokin A. I. Sistema geotekhnicheskogo monitoringa kak sredstvo obespecheniya bezopasnosti stroitel'stva / A. I. Osokin, S. V. Tatarinov, O. O. Denisova, E. V. Makarova // *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. — 2014. — № 9. — S. 10–18.
- 7 Petruhin V. P. Geotekhnicheskie problemy stroitel'stva v Moskve — krupnejshem megapolise Rossii // *Geotekhnicheskie problemy megapolisov*. — T. 1. — SPb: Izd-vo «Gruppa kompanij Georekonstrukciya», 2010. — S. 259.
- 8 Ponomarev A. B. Geotekhnicheskij monitoring zhilogo doma / A. B. Ponomarev, A. V. Zaharov, S. A. Sazonova, S. V. Kaloshina, M. A. Bezgodov, R. I. Shenkman, D. G. Zolotozubov // *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. — 2015. — № 9. — S. 41–45.
- 9 Stepanov M. A. Ustranenie progressiruyushchego razvitiya neravnomernosti osadok mnoгоеhtazhnogo zhilogo doma na lенточноыh svaynyh fundamentah [Ehlektronnyj resurs] / M. A. Stepanov, T. V. Mal'ceva, A. N. Kraev, L. A. Bartolomej, A. M. Karaulov // *Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE»*. — T. 9. — 2017. — № 4. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/62TVN417.pdf>.
- 10 Castagnetti C. Geodetic monitoring and geotechnical analyses of subsidence induced settlements of historic structures/C. Castagnetti, R.M. Cosentini, R. Lancellotta, A. Capra // *Structural Control and Health Monitoring*. — Vol. 24. — Iss. 12, December 2017 (номер статьи e2030).
- 11 Gudehus G. On the stability of geotechnical systems and its fractal progressive loss / G. Gudehus, A. Touplikiotis // *Acta*

- Geotechnica. — Vol. 13. — Iss. 2, 1 April 2018. — P. 317–328.
- 12 Zekhniev F.F. Instrumental'nye nablyudeniya za gruntovym massivom sklona na ob'ekte stroitel'stva hrama Arhangela Mihaila v d. Putilkovo Moskovskoj oblasti / F.F. Zekhniev, D.A. Vnukov, S.V. Astaf'ev, T.G. Grigoryan // Vestn. PNIPU. — № 4. — 2014. — S. 286–297.
 - 13 Lanis A.L. Povyshenie kachestva usileniya gruntovyh massivov po rezul'tatam geotekhnicheskogo monitoringa / A.N. Lanis, D.A. Razuvaev // Vestn. Sib. gos. un-ta putej soobshcheniya. — 2017. — № 4 (43). — S. 5–11.
 - 14 Mangushev R.A. Vliyanie stroitel'stva trekhurovnovogo podzemnogo prostranstva na zhilye zdaniya okruzhayushchej zaстройки / R.A. Mangushev, N.V. Oshurkov, V.Eh. Gutovskij // Zhilishchnoe stroitel'stvo. — 2010. — № 5. — S. 23.
 - 15 Mirsayapov I.T. Geotekhnicheskij monitoring zdaniya pri rekonstrukcii pamyatnika istorii i arhitektury / I.T. Mirsayapov, R.R. Hasanov, D.R. Safin // Izv. Kazan. gos. arh.-stroit. un-ta. — 2016. — № 4 (38). — S. 270–276.
 - 16 Mirsayapov I.T. Osobennosti geotekhnicheskogo monitoringa unikal'nyh zdaniy i sooruzhenij / I.T. Mirsayapov, I.V. Koroleva // Izv. KGASU. — 2013. — № 4 (26). — S. 167–172.
 - 17 Pronozin Ya.A. Geotekhnicheskij monitoring stroitel'stva zhilogo doma na lentочно-obolochennykh fundamentah v gorode Tyumeni / Ya.A. Pronozin, L.R. Epifanceva, M.A. Stepanov, V.M. Chikishev // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. — 2017. — № 10. — S. 59–66.
 - 18 Ulickij V.M. Prichiny obrusheniya zhilogo doma na Dvinskoj ul. v Peterburge / V.M. Ulickij, A.G. Shashkin, K.G. Shashkin // Rekonstrukciya gorodov i geotekhnicheskoe stroitel'stvo. — SPb.: Izd-vo «Georekonstrukciya-Fundamentproekt», 2003. — № 5. — S. 153–159.
 - 19 Yugov A.M. Geotekhnicheskij monitoring pri ustrojstve «steny v grunte» v stesnennykh usloviyah / A.M. Yugov, N.S. Novikov, A.S. Gavriljuk // Vestn. MGSU. — 2015. — № 7. — S. 57–68.
 - 20 Matsiy V. Geotechnical Monitoring of the Automobile Road // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — Vol. 95. — Iss. 2, 21 December. — 2017 (nomer stat'i 022029).
 - 21 De Souza Campelo N. Geo-referenced monitoring of displacements of gabion walls / N. De Souza Campelo, M.J. G. S. Filho, O.C. De Paiva Valadares, M.D. Da Costa Paes, A.F. Aragão // Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Geotechnical Engineering. — Vol. 171. — Iss. 1, 1 February. — 2018. — P. 64–77.
 - 22 Romanova G. Management and Monitoring of Urban Environment in the Integrated Development of Underground Space / G. Romanova, M. Pleshko, M. Rossinskaya, N. Saveleva, A. Pankratenko // Advances in Intelligent Systems and Computing. — Vol. 692. — 2018. — P. 1111–1124.
 - 23 Ulickij V.M. Konceptiya geotekhnicheskogo soprovozhdeniya stroitel'stva i rekonstrukcii dlya novoj redakcii peterburgskih geotekhnicheskikh norm / V.M. Ulickij, A.G. Shashkin // Rekonstrukciya gorodov i geotekhnicheskoe stroitel'stvo. — № 5. — SPb.: Izd-vo «Georekonstrukciya-Fundamentproekt», 2002. — S. 29–43.