Геотехнический мониторинг и экономика строительства

Что дают наблюдения заказчику и как ими пользуются в России и мировой практике

Авторский материал редакции «ГлавГеоТех» • 15 ноября 2026 года



Художественная иллюстрация. Условная стройплощадка, не фотография объекта компании.

Котлован может быть рассчитан правильно, подрядчик может соблюдать технологию, а фактические перемещения всё равно окажутся другими. Грунт неоднороден, старые фундаменты изучены не полностью, подземная вода реагирует на строительство. Именно в этом зазоре между расчётом и реальной площадкой возникает задача мониторинга.

Для заказчика его ценность проявляется в конкретных решениях: можно ли продолжать выемку, нужен ли дополнительный ярус крепления, допустимо ли менять режим водопонижения и сколько времени остаётся на защитные мероприятия. От качества этих решений зависят безопасность, график и итоговые затраты.

Измерения должны объяснять работу основания

Геотехнический мониторинг связывает наблюдения за грунтом, подземной водой, фундаментами и взаимодействующими с ними конструкциями. На городской площадке он охватывает строящийся объект, ограждение котлована и окружающую застройку в установленной зоне влияния. Состав наблюдений определяется механизмами возможных деформаций, а не наличием приборов у исполнителя.



Полевые наблюдения у существующей застройки. Художественная иллюстрация; состав оборудования выбирают по программе конкретного объекта.

В «ГлавГеоТех» рекомендуем начинать программу с анализа причин возможных деформаций. Устойчивость опорной геодезической сети необходимо проверять.

Высотная марка показывает, насколько опустилась точка здания. Инклинометр позволяет определить, как меняется профиль горизонтальных перемещений в глубине. Пьезометр регистрирует напор или давление воды в контролируемом горизонте. Датчики усилий и деформаций помогают проверить работу распорок, анкеров и других элементов. Эти измерения отвечают на разные вопросы и не заменяют друг друга.

Например, при водопонижении осадка соседнего здания может быть связана с увеличением эффективных напряжений и уплотнением сжимаемых грунтов. Нивелирование покажет результат, а наблюдения за подземной водой помогут разобраться в причине. При перемещении ограждения котлована понадобятся другие сопоставления: глубина выемки, установка креплений, профиль смещений и нагрузка у бровки.

Наблюдать следует не только абсолютную величину. Значение имеют неравномерность осадок, скорость и ускорение перемещений, раскрытие трещин, связь изменений с конкретной операцией. Медленное затухание осадки и её ускоренный рост при одинаковом текущем значении требуют разной реакции.

Геодезические измерения - важная часть мониторинга. Однако несколько рядов отметок без анализа причин и сопоставления с расчётом ещё не дают заказчику ответа, что делать дальше.

На какие расходы влияет мониторинг

Считать его полезность только через стоимость возможной аварии неудобно и неточно. Аварии редки, их последствия различаются, а проверить, сколько именно денег «спас» отдельный датчик, обычно невозможно. Гораздо убедительнее смотреть на решения, сроки и изменения сметы, которые можно документально подтвердить.

Сроки и организация строительства

Если движение ограждения обнаружено на раннем этапе, проектировщик получает возможность оценить ситуацию до следующей заходки. Иногда достаточно изменить последовательность разработки, уменьшить открытую захватку, проверить крепление или ограничить складирование. При позднем обнаружении уже приходится обследовать повреждения, возвращать технику, выполнять усиление в стеснённых условиях и перестраивать график.

При этом сам мониторинг не гарантирует сокращения срока. Он может обоснованно потребовать приостановить опасную операцию. Экономический результат состоит в том, чтобы не довести управляемое отклонение до более дорогой и длительной проблемы. Для финансовой модели важно, затронут ли критический путь: сокращение отдельной операции на неделю не всегда приближает ввод объекта на неделю.

Объёмы конструкций и защитных мероприятий

Достоверные наблюдения могут дать основание для уточнения расчётной модели и пересмотра временного крепления, очередности работ или объёмов защиты. Но «стена почти не движется» не означает, что из неё можно убрать распорку. Проверяются оставшиеся стадии, прочность, устойчивость, фильтрационные воздействия и соседние сооружения. Изменение оформляет проектировщик; необходимое согласование определяется характером изменения и требованиями к объекту.

Повреждения окружающей застройки

Начальное обследование и нулевые измерения позволяют зафиксировать состояние соседних зданий до воздействия. Далее появляется временная история: когда менялось раскрытие трещины, где росла осадка и какие работы выполнялись рядом. Такая информация помогает разбирать претензии и выбирать ремонт. Она не доказывает автоматически ни вину подрядчика, ни её отсутствие: причинную связь устанавливают по совокупности материалов.

Передача объекта в эксплуатацию

Последовательные ряды наблюдений помогают оценить, продолжаются ли деформации после завершения основных работ. Если часть системы остаётся на период эксплуатации, заказчику нужны паспорта точек и приборов, исходные данные, правила обслуживания и критерии реагирования. Передать только итоговый отчёт недостаточно для продолжения сопоставимых измерений.

Как посчитать эффект для своего объекта

Редакция «ГлавГеоТех» предлагает оценивать эффект сравнением двух технически допустимых сценариев. Ниже приведён условный расчёт; суммы не являются рыночной котировкой или данными выполненного объекта.

Предположим, расширение базового мониторинга с инженерным анализом стоит 2,4 млн руб., перерасчёт и дополнительные мероприятия - 0,8 млн руб. По результатам проверки проекта удалось уменьшить стоимость временных конструкций на 2,8 млн руб. и сократить критический путь на шесть суток.

На эти шесть суток остаток привлечённого финансирования принят равным 600 млн руб., условная ставка - 18% годовых. Дополнительные расходы площадки, действительно зависящие от продолжительности, составляют 2,4 млн руб. в месяц. Для них принимаем 30 суток в месяце. Налоги, комиссии и дисконтирование в примере не учитываются.

Стоимость суток: 600 × 18% / 365 + 2,4 / 30 ≈ 0,376 млн руб.
Эффект сокращения срока: 0,376 × 6 ≈ 2,26 млн руб.
Чистый эффект: 2,26 + 2,80 − 2,40 − 0,80 ≈ 1,86 млн руб.



Обсуждение технического решения и его влияния на бюджет. Художественная иллюстрация.

Здесь не прибавлена стоимость «предотвращённой аварии»: такой результат из исходных данных не следует. Не включена и вся выручка от раннего ввода. Для коммерческого объекта можно отдельно оценить дополнительный денежный поток, но только за реально изменившийся период и без повторного учёта одних и тех же выгод.

Если ввод не приблизился, экономию по кредиту следует убрать. Тогда результат этого сценария станет отрицательным: 2,8 − 2,4 − 0,8 = −0,4 млн руб. Это не делает необходимый контроль необоснованным. Это означает, что именно коммерческая оптимизация по заданным допущениям не окупила весь пакет работ.

Сравните несколько сценариев по срокам, стоимости капитала и объёмам допустимой оптимизации. Универсального процента экономии от мониторинга не существует.

Когда наблюдения становятся частью проектирования

Наиболее показательная зарубежная практика связана с наблюдательным методом, или Observational Method. Его смысл - проверять поведение сооружения по мере строительства и использовать результаты для заранее предусмотренных инженерных решений. Нужны расчётные прогнозы, пределы приемлемого поведения, программа наблюдений и выполнимые ответные мероприятия. Возможность изменить решение должна быть обоснована до того, как времени на реакцию уже не останется.

Crossrail в Лондоне

В опубликованном разборе строительства западного билетного зала станции Tottenham Court Road описан конкретный результат. К третьей стадии разработки котлована фактические перемещения оказались меньше прогнозных. Инженеры уточнили модель по наблюдениям, проверили последующие стадии и предусмотрели резервные меры. Это позволило исключить нижний ярус временных распорок. Авторы сообщают о сокращении критического пути на четыре недели и снижении стоимости на £715 тыс. [1]

Эти цифры относятся к определённому сооружению и принятым на нём решениям. Пересчитывать их в «типовую окупаемость мониторинга» нельзя. Полезен сам порядок работы: измерения, проверка гипотезы, перерасчёт, решение и дальнейший контроль. Простая установка приборов такого результата не даёт.

На другом участке Crossrail, у станции Bond Street, мониторинг использовали при защите существующих зданий компенсационным нагнетанием. Автоматизированные и ручные наблюдения дополняли друг друга; данные гидростатического нивелирования помогали управлять воздействием. В публикации описана передача автоматических данных с интервалом 15 минут на соответствующих работах. Это пример частоты, выбранной под технологию конкретного объекта, а не универсальное требование для любой стройки. [2]

Сингапур

В требованиях Land Transport Authority к гражданским сооружениям задачи измерительных систем сформулированы прямо: проверять проектные допущения, подтверждать ожидаемое поведение крепления, оценивать влияние на здания и коммуникации и обеспечивать своевременные ответные меры. Это требования конкретного инфраструктурного заказчика, а не описание всего мирового рынка. Но они хорошо показывают, насколько тесно наблюдения могут быть связаны с управлением строительством. [3]

Что применимо в России

Применим прежде всего порядок работы: ответственный инженер, проверка показаний и согласованная реакция. Зарубежные интервалы наблюдений и допуски не заменяют расчёта российского объекта и требований его проекта.

Насколько мониторинг развит в России

Представлять геотехнический мониторинг новой для России услугой неверно. У страны есть собственная научная школа, нормативная база и опубликованный опыт сложных объектов. СП 305.1325800.2017 посвящён правилам геотехнического мониторинга при новом строительстве и реконструкции зданий и сооружений. Официальная карточка Росстандарта указывает его действующий статус и наличие изменения № 1. [4]

Область применения документа имеет границы. Его нельзя автоматически распространять на любые дороги, гидротехнические сооружения или магистральные трубопроводы. Для конкретного объекта проверяют применимые требования и актуальную редакцию документов, а программу увязывают с проектом, геологическими условиями и прогнозом влияния. Наличие свода правил само по себе не означает одинакового состава работ на каждой площадке.

Технологический уровень подтверждён сложными объектами

Хорошо документированный пример - «Лахта Центр» в Санкт-Петербурге. В публикации авторов системы описаны автоматизированный контроль основания и несущих конструкций, архитектура измерительной системы и сопоставление наблюдений с расчётами. Отдельная работа по результатам геотехнического мониторинга рассматривает различия между фактическим поведением и расчётными вариантами. Это показывает способность российских специалистов не только собирать данные, но и использовать их для развития расчётных подходов. [5, 6]

НИИОСП им. Н.М. Герсеванова отдельно выделяет обследование, прогноз и мониторинг деформаций существующей застройки в числе своих направлений. Поэтому говорить, что в России «не умеют» выполнять такие работы или полностью зависят от зарубежной методологии, оснований нет. [7]

Развитие услуги и качество конкретного договора

Один сложный объект не характеризует всю отрасль. По рассмотренным открытым источникам нельзя достоверно определить, какая доля российских строек охвачена полноценным мониторингом, сколько систем работает автоматически и каков денежный объём именно геотехнического сегмента. Он пересекается с геодезией, обследованием, научно-техническим сопровождением и контролем конструкций. Складывать эти рынки без устранения пересечений было бы ошибкой.

Наша редакционная оценка такова: техническая компетенция в России сформирована, а практическую зрелость следует проверять на уровне проекта и договора. Один исполнитель сдаёт ведомость отметок; другой сопоставляет её с этапами строительства, объясняет отклонения и обеспечивает оперативную связь с проектировщиком. Внешне оба договора могут называться одинаково, но объём инженерной работы и польза для заказчика будут разными.

Особенно значим контроль при глубоких котлованах, реконструкции, слабых грунтах и строительстве рядом с чувствительными к деформациям зданиями.

Самое важное происходит после измерения

Нормальное значение сегодня ещё не гарантирует нормального состояния завтра. Если движение ускоряется после каждой заходки, ждать достижения предельной деформации опасно. Рабочая программа должна оставлять время на проверку сигнала, инженерную оценку и выполнение защитных мер.



Обсуждение результатов наблюдений на площадке. Художественная иллюстрация, не фотография объекта компании.

Редакция «ГлавГеоТех» рекомендует разделить в программе штатное наблюдение, предупреждение и ограничение опасных операций. Это организационная схема: названия уровней и конкретные действия задаются для объекта. Порог предупреждения должен учитывать погрешность измерений, прогнозируемую скорость процесса и время, необходимое для реакции. Механически назначать его как одинаковую долю предельного значения для всех конструкций нельзя.

При отклонении сначала проверяют качество данных: устойчивость опорной сети, состояние марки, связь, питание, температуру и другие возможные помехи. Проверка не должна задерживать предусмотренные меры безопасности, если есть признаки опасного развития процесса. Затем результаты сопоставляют с независимыми измерениями, журналом работ и расчётным прогнозом.

Решение принимает уполномоченный участник проекта в соответствии с согласованным регламентом. Измерительная организация сообщает о факте и его значимости; проектировщик оценивает последствия и корректирует решения в пределах своей ответственности; заказчик и подрядчик обеспечивают исполнение. Кто получает уведомление ночью и кто вправе ограничить конкретную операцию, должно быть ясно заранее.

Автоматизация полезна при быстрых процессах и ограниченном доступе. Она требует контроля исправности и ложных сигналов. Отсутствие сигнала при обрыве связи не означает отсутствие деформации.

Хорошая программа начинается до котлована

Заказывать мониторинг после появления трещин можно, но часть информации уже будет потеряна. Без исходного состояния трудно отделить накопленную деформацию от нового воздействия. Поэтому программу, доступ к соседним объектам, размещение приборов и нулевой цикл следует готовить до начала работ, способных изменить состояние грунтов и зданий.

До расчёта стоимости исполнителю нужны результаты изысканий, проект фундаментов и ограждения, очередность строительства, прогноз зоны влияния и сведения о состоянии окружающей застройки. Если этих материалов нет, сначала определяют, что необходимо дополнительно обследовать или рассчитать. Назначать состав приборов по одной площади участка недостаточно.

Договор должен связывать измерения с результатом

В нём следует закрепить контролируемые параметры и точки, точность, периодичность по этапам, критерии учащения наблюдений, сроки передачи данных и порядок экстренных уведомлений. Отдельно задают инженерный анализ, участие в разборе отклонений и передачу исходных рядов. Иначе сравнение цен сведётся к сравнению несопоставимых услуг.

Заказчику полезно получить простой ответ на каждый существенный график: что изменилось, достоверно ли изменение, чем оно может быть вызвано, как соотносится с прогнозом и нужна ли реакция до следующей операции. Именно эти ответы позволяют использовать мониторинг на производственном совещании, а не хранить его отчёты отдельно от стройки.

Завершение наблюдений тоже требует обоснования. Окончание договора или бетонирование последнего перекрытия сами по себе не доказывают стабилизацию основания. Сроки и критерии завершения определяют программой с учётом поведения объекта; при необходимости наблюдения продолжают на этапе эксплуатации.

Позиция редакции ГлавГеоТех

В геотехнике неизбежна неопределённость. Её можно уменьшить изысканиями и расчётами, но полностью убрать до начала строительства удаётся не всегда. Мониторинг даёт возможность проверить, насколько реальная площадка соответствует принятой модели, и принять решение, пока выбор ещё есть.

Мы рекомендуем обсуждать его на одной стадии с проектом котлована, фундаментов и защитой соседних зданий. Тогда заказчик понимает, за какую информацию платит, кто ею воспользуется и какие расходы она способна изменить. Экономия может появиться в сроках, конструкциях или предотвращённых переделках; обязательным результатом остаётся достоверная основа для безопасных решений.

Источники к статье

Материал подготовлен по открытым первичным источникам. Номера в тексте соответствуют перечню ниже. Ссылки активны. Проверка источников: 15 ноября 2026 года.

1. Crossrail Learning Legacy. Application of the Observational Method on Crossrail projects. Ying Chen и соавторы, 2015. Описаны изменения крепления котлованов и результаты по срокам и стоимости. Открыть источник ↗

2. Crossrail Learning Legacy. Response of Buildings Supported on Shallow Footings to Tunnelling Induced Ground Movements. Case study of selected buildings at Bond Street Station. Система наблюдений при проходке и компенсационном нагнетании. Открыть источник ↗

3. Land Transport Authority, Singapore. Civil Design Criteria for Civil & Structural Works. E/GD/09/106/A3, декабрь 2025. Глава 13 Instrumentation. Открыть источник ↗

4. Росстандарт. СП 305.1325800.2017. Здания и сооружения. Правила проведения геотехнического мониторинга при строительстве. Официальная карточка документа и ссылка на изменение № 1. Открыть источник ↗

5. Травуш В. И. и соавторы. «Лахта Центр»: автоматизированный мониторинг деформаций несущих конструкций и основания. Academia. Архитектура и строительство, 2018, № 4, с. 94-108. DOI 10.22337/2077-9038-2018-4-94-108. Открыть источник ↗

6. Шулятьев С. О., Травуш В. И., Шулятьев О. А., Шахраманьян А. М., Колотовичев Ю. Анализ результатов геотехнического мониторинга башни «Лахта Центра». Основания, фундаменты и механика грунтов. Использованы открытые сведения и аннотация публикации. Открыть источник ↗

7. НИИОСП им. Н. М. Герсеванова. Реконструкция, обследование и мониторинг. Официальное описание направления работы института. Открыть источник ↗

Как читать примеры и иллюстрации

Экономический расчёт составлен редакцией для объяснения метода и не описывает выполненный объект. Все четыре изображения созданы специально для статьи как художественные иллюстрации; это не фотографии сотрудников или объектов «ГлавГеоТех» и не проектные решения. Зарубежные кейсы и «Лахта Центр» приведены как опубликованный опыт других участников строительства.

Обзор развития работ в России является качественной редакционной оценкой по рассмотренным источникам. Количественные оценки размера рынка, темпов роста и доли автоматизации не приводятся из-за отсутствия в использованной базе сопоставимой отраслевой статистики.

Обсудить задачи вашего объекта с «ГлавГеоТех»: glavgt.ru