

ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ИСТОРИЧЕСКИХ ГОРОДОВ (НА ПРИМЕРЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА)

В. М. УЛИЦКИЙ – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Основания и фундаменты» ПГУПС, научный руководитель НПО «Геореконструкция-Фундаментпроект».

Рассматриваются основные геотехнические проблемы, связанные с реконструкцией исторических городов. Внимание уделяется особенностям фундаментов исторических зданий, методике их обследования, факторам, оказывающим негативное влияние на застройку. Сформулирована концепция геотехнического сопровождения реконструкции исторических городов.

ВВЕДЕНИЕ

Санкт-Петербург, наверное, единственный из великих исторических городов мира со столь юным возрастом – всего 300 лет. Основатель новой столицы России – Петр Первый, по словам Сальвадора Дали, был величайшим художником: он настолько ярко представил в своем воображении панораму невских берегов, что мечта эта стала явью, и вот уже три столетия город живет и развивается по художественному замыслу первого императора. Феномен притягательности и очарования Петербурга заключается в том, что этот город стал столицей обновленной страны в эпоху наивысшего расцвета ее культуры. Именно с петербургским периодом российской истории связан золотой век русской литературы, музыки, живописи, архитектуры. Уникальность Петербурга состоит в том, что его исторический центр остался практически неизменным с начала XX в., сохранив гармонию с водным пространством рек и каналов и ауру изысканного вкуса петербургских архитекторов.

До настоящего времени в историческом центре города действует императорский указ, согласно которому жилые и общественные

здания не должны превышать уровня карниза Зимнего дворца, долгие годы служившего царской резиденцией. Исключение составляли культовые здания. Сегодня мы можем оценить, что указ был очень разумен в геотехническом плане. Регламентация высоты зданий является и ограничением их давления на основание, что весьма актуально для сложных инженерно-геологических условий города.

Контур исторического центра Петербурга (почти всего города XIX в.) с удивительной точностью совпадает с границей распространения слабых глинистых грунтов. Инженерно-геологические условия здесь характеризуются залеганием (под насыпным слоем мощностью до 2...3 м и слоем водонасыщенных пылеватых и мелких песков толщиной от 2 до 7 м) мощной толщи текучих супесей и суглинков. Кровля относительно более прочных моренных отложений находится на глубине от 15 до 30 м. К заслугам наших предшественников – строителей старого центра города – можно отнести интуитивное чутье специфики инженерно-геологических условий.

1. ФУНДАМЕНТЫ ИСТОРИЧЕСКИХ ЗДАНИЙ

Приповерхностные пески служили своеобразной подушкой, перераспределяющей

нагрузки от здания на слабые подстилающие грунты основания. Характерным приемом того времени было устройство ленточных бутовых фундаментов на известковом и известково-песчаном растворе. В кладке использовались известняковые плиты, валуны изверженных пород, пережженный кирпич. Глубина заложения фундаментов редко превышала 2,5...3,0 м от поверхности. При высоком уровне грунтовых вод (что характерно для островной части города) в траншею, откопанную для устройства фундаментов, обычно предварительно укладывали деревянные лежни, по которым далее выполнялась фундаментная кладка. Основания под наиболее ответственными и тяжелыми сооружениями (храмами, дворцами, общественными зданиями) усиливали забивкой частых деревянных свай. В исключительных случаях длина свай доходила до 16 м (для этого деревянные элементы стыковали между собой), обычно же составляла 6...8 м. Такие короткие сваи не позволяли опереть здание на сравнительно надежные отложения, залегающие на глубинах порядка 20 м, но выполняли функцию своеобразного «армирования» грунта. В ряде случаев вместо свай забивали деревянные кольца длиной не более 2 м (Благовещенская церковь, жилые постройки в Кронштадте и др.).

Одной из наиболее ярких иллюстраций геотехнической практики XIX в. является крупнейший храм Петербурга – Исаакиевский собор, который можно считать самым тяжелым зданием города (рис. 1) и крупнейшей в мире православной культовой постройкой.



Рис.1. Исаакиевский собор



Рис. 2. Здание бывшей Биржи на Стрелке Васильевского острова

Он был возведен на месте храма, заложенного в 1768 г. по проекту архитектора А. Ринальди. Создатель нового собора О. Монферран сохранил фундаменты алтарной части и подкупольных столбов прежнего строения, которые покоились на 13000 свай длиной 10,5 м под столбами и 8,4 м – под стенами. Для устройства новых фундаментов был откопан котлован глубиной 5 м и с его дна выполнена забивка 24000 деревянных свай сечением 26 см и длиной 8,4 м под столбы и 6,3 м – под стены [1].

Между сваями на глубину 35 см был втрамбован щебень, залитый сверху известко-

во-песчаным раствором. Под несущими конструкциями и углами здания фундамент был выложен гранитными плитами, под портиками чередовались ряды бутовой кладки из известняка с рядами гранитных блоков, в остальной части – из известняка. Кладка поднималась на 2,0 м над дневной поверхностью и образовывала массивный ростверк толщиной 7,5 м, внутри которого были устроены галереи. По оценке специалистов, максимальное давление на основание составляет 0,32 МПа. Непосредственно под плитным ростверком находятся водонасыщенные пылеватые пески и супеси, сваи опираются на

а



б



Рис. 3: Здание Биржи: а – поперечный разрез. Проект Т. де Томона;
б – здание на момент завершения строительства

текущие суглинки. К настоящему времени осадка здания, по различным оценкам, достигает 0,8...1,0 м, при этом наибольшие значения характерны для самой тяжелой – купольной части храма. Несомненно, Исаакиевский собор заслуживает постоянного и самого серьезного внимания специалистов-геотехников, необходимо комплексное обследование его фундаментов и надземных конструкций, которое не проводилось уже 50 лет.

С учетом мощного (до 8 м) ростверка и относительно коротких свай, по современным понятиям, такое строение фактически покоится на плитно-свайном фундаменте. Неравномерная нагрузка по пятну застройки вызывает локальные перенапряжения в кладке. Современные диагностические методы и способы численного моделирования столь сложной системы позволяют выявить наиболее опасные участки для их последующего усиления.

Другим любопытным примером является здание Биржи на Стрелке Васильевского острова – еще один символ нашего города (рис. 2, 3, 4). Здание возводилось в 1805–1810 гг. по проекту Тома де Томона на природном мысу на

месте недостроенной биржи архитектора Кваренги. Тома де Томон возвел торжественный античный храм на высоком стилобате, образованном системой массивных столбов и стен, перекрытых крестовыми сводами (рис. 3).

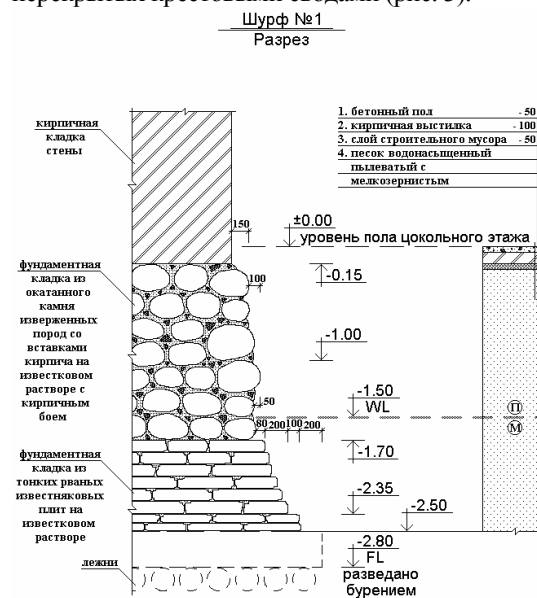


Рис. 4. Фундамент наружной стены стилобата Биржи

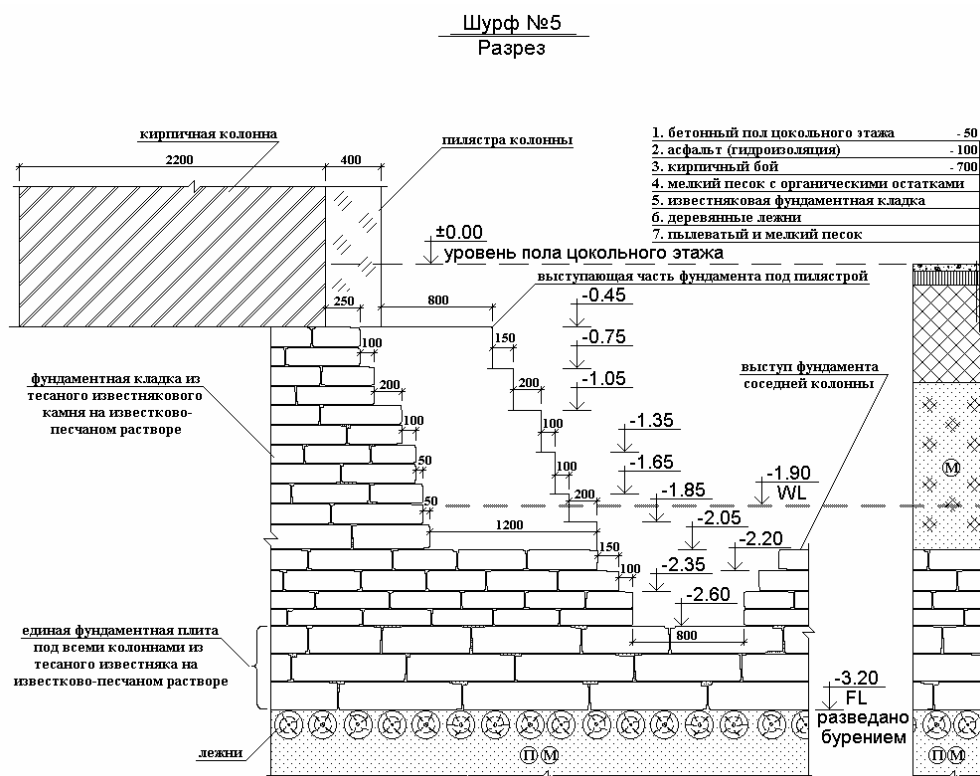


Рис. 5. Фундаменты столбов Биржи

Комплексные исследования основания и фундаментов, проведенные петербургской геотехнической фирмой «Геореконструкция-Фундаментпроект», позволили восстановить картину возведения фундаментов здания. Первоначально устраивали фундаменты стен стилобата (рис. 4), которые опоясывали по контуру все пятно застройки и служили подпорной стенкой котлована.

Далее в котловане по настилу из лежней-плотов выкладывали плиту толщиной 0,6 м из сплошной известняковой кладки, по которой устраивали пирамидальные столбчатые известняковые фундаменты опор стилобата (рис. 5).

Обследование показало, что лежни хвойных пород и фундаментная кладка здания находятся в удовлетворительном состоянии. Тем удивительнее (на первый взгляд) то обстоятельство, что сразу после предъюбилейного косметического ремонта фасадов в конструкциях проявились трещины, тщательно заделанные при ремонте, «раскалывающие» здание вдоль его продольной оси. Многофакторный расчетный анализ геотехнической ситуации позволил выявить главную причину таких деформаций. Она оказалась связанной с неоднородностью грунтового

напластования, в частности, с залеганием в основании слоя текучей супеси с торфом, толщина которой изменяется в направлении с севера на юг от 0 до 2 м (рис. 6). Именно этот слой вносит основной вклад в развитие неравномерных осадок (до 14 см в поперечном направлении с максимальными абсолютными значениями у южного фасада). Необходимо отметить, что локальные усиления конструкций были проведены архитектором Ф. Лидвалем еще в начале прошлого века, т.е. почти через 100 лет с начала эксплуатации. Геодезические наблюдения показывают, что в настоящее время осадки здания развиваются со скоростью более 5 мм в год, что превышает фоновые значения, характерные для островной части города. Продолжение наблюдений даст информацию о неравномерности осадок и позволит оценить необходимость усиления фундаментов и здания Биржи.

2. ФАКТОРЫ, ОКАЗЫВАЮЩИЕ НЕГАТИВНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЗАСТРОЙКУ

Заметим, что характерной особенностью петербургских грунтов является их чрез-

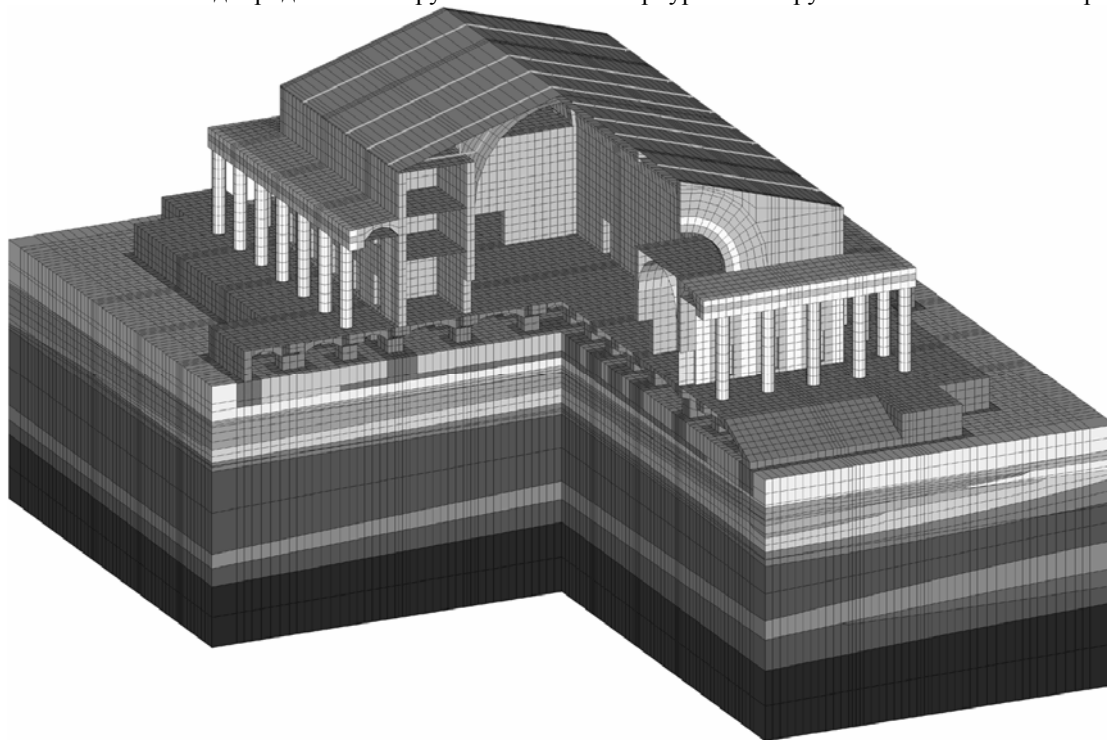


Рис. 6. Компьютерная модель здания Биржи и его основания (разрез)

вычайно длительное деформирование под нагрузкой, наблюдающееся в течение столетий (это так называемая вековая ползучесть). Известно, что значения годовых осадок застройки тем больше, чем сильнее она подвержена фоновым техногенным воздействиям.

На оживленных транспортных магистралях они могут достигать 3 мм в год. Существенное влияние на основание (в том числе на заторфованные супеси под Биржей) может оказать высокая степень физического износа городских инженерных сетей (протечки напорных

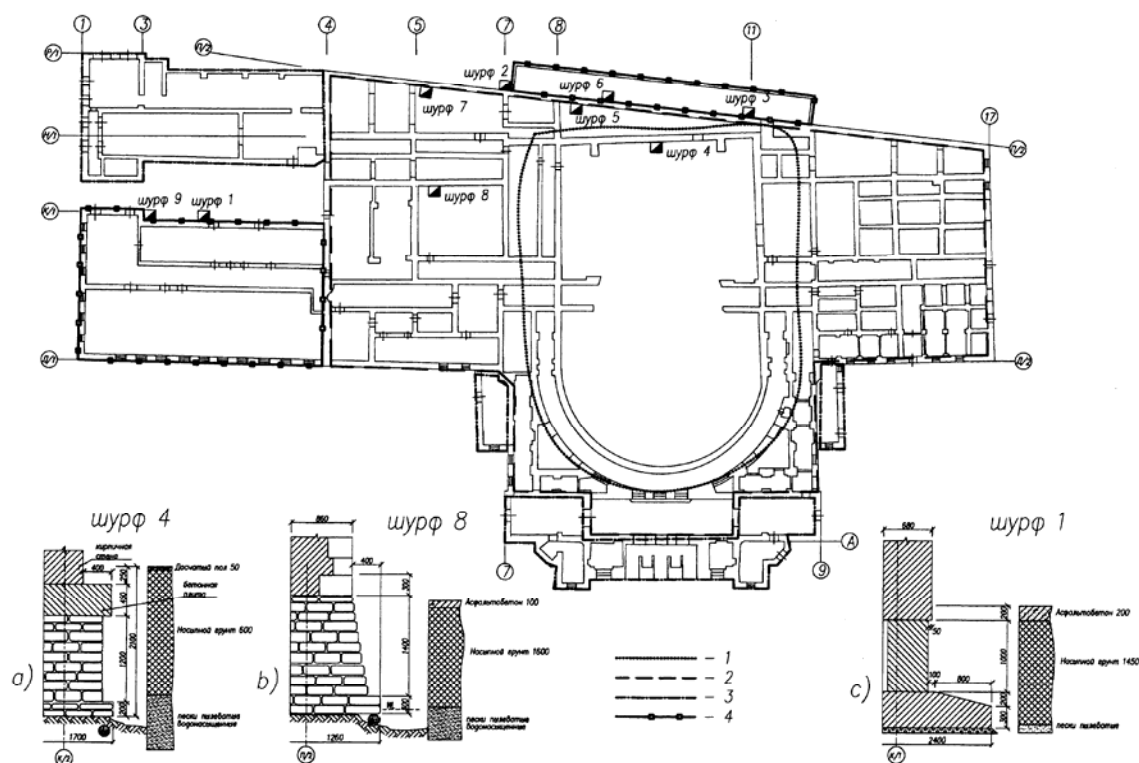


Рис. 8. План подвалов Мариинского театра и характерные типы фундаментов: 1 (а) – 1849–1857 гг.; 2 – 1860–1880 гг.; 3 (б) – 1894–1967 гг.; 4 (с) – после 1970 г.

трубопроводов, поступление сточных вод из негерметичных канализационных коллекторов), приводящая к суффозионному разуплотнению и загрязнению грунтов. Несмотря на большую работу, проводимую ГУП «Водоканал» по обновлению коллекторов, для исключения разрушения исторических зданий Петербурга необходимо значительное увеличение финансирования этих работ на территории центра города, устройство дублирующих канализационных коллекторов. В противном случае город станет заложником своих ветхих коммуникаций.

Приведем лишь один актуальный пример: реконструкцию Мариинского театра – одного из самых блистательных оперных и балетных театров мира (рис. 7).

Первоначальное здание было построено в 1849 г. архитектором А. Кавосом для цирка. В 1894 г. после реконструкции, проведенной этим же архитектором, сюда были перенесены спектакли из обветшавшего Большого Каменного театра (ныне – здание Петербургской консерватории). Всего за историю своего существования здание претерпело четыре крупных реконструкции. В результате фундаменты театра характеризуются существенной неоднородностью (рис. 8). Фундаменты цент-

ральной части, относящиеся к первым этапам строительства, уложены по деревянным лежням, фундаментная кладка трапециевидной формы выполнена из известнякового камня на известковом растворе, глубина заложения – 2,0...2,5 м. Под частью фундаментов вдоль Крюкова канала были забиты деревянные сваи. К наиболее позднему – советскому периоду реконструкции 1960–70 гг. относятся сборные железобетонные фундаменты левого (репетиционного) крыла здания глубиной заложения 1,7 м, а также фундаменты пристройки позади сцены, выполненные методом вдавливания свай-оболочек диаметром 880 мм, длиной 16 м. Заметим, что в результате вдавливания свай (как было установлено профессором Б. И. Далматовым) сценическая коробка получила осадки порядка 100 мм!

В результате пришлось выполнить закрепление грунтов основания под деформированной частью карбамидными смолами. В настоящее время применение такой стабилизации запрещено по экологическим требованиям. Таким образом, здание театра характеризуется разнотипностью фундаментов, разнородностью материала, использованием в качестве несущего слоя разносжимаемого

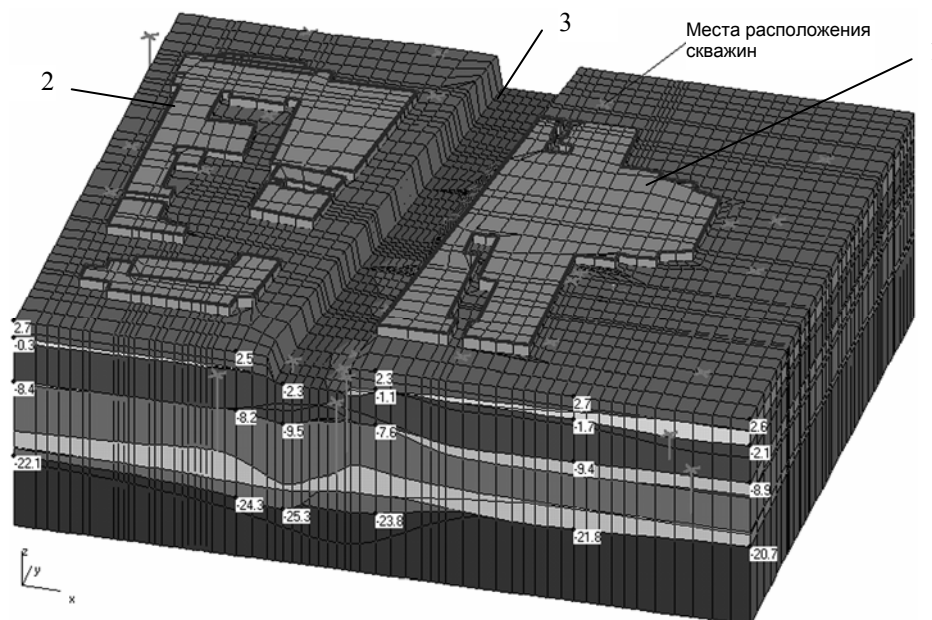


Рис. 9. Пространственная картина залегания геологических слоев в районе Мариинского театра:

1 – контуры здания Мариинского театра; 2 – ДК им. Первой пятилетки;
3 – Крюков канал (подписаны абсолютные отметки поверхности грунта и подошв слоев)

грунта (рис. 9).

Эти обстоятельства в совокупности с другими причинами ограничили возможности модернизации исторического здания театра, не отвечающего современным требованиям к технологической части театрального процесса. Прежде всего, театр испытывает острую необходимость в резервных площадях (так называемых карманах) для монтажа декораций (иногда весьма длительного), которые позволили бы готовиться к очередному спектаклю, не занимая пространства сцены. Единственной возможностью модернизации является соединение сцены с новым (проектируемым) зданием театра коммуникационным переходом через канал. Идея подземного (а точнее, подводного) сообщения «разбилась» о канализационный коллектор, проходящий вдоль набережной канала. Наличие ветхого коллектора, не имеющего дублеров, ставит сложные инженерные проблемы перед архитекторами и конструкторами нового здания. Проблема формулируется так: следует не только обеспечить сохранность коллектора при строительстве здания (что вполне возможно при использовании надежных методов расчета, проектирования и современных геотехнологий), но и гарантировать безопасность здания при аварийном разрушении коллектора.

Такое требование городской службы, отвечающей за эксплуатацию канализационной сети, становится в последнее время одним из существенных факторов, влияющих на застройку города. Очевидно, что в современных условиях не ветхие коллекторы должны определять принципы архитектурного проектирования исторических городов. Привлечение средств на глубокую реконструкцию инженерных сетей – одна из главных задач, стоящих перед городской администрацией. Решение подобной задачи было найдено французской геотехнической фирмой «Солетанш». Ею были модернизированы инженерные сети, устроен подземный паркинг под каналом, обеспечен проезд по набережной (рис. 10), а канал сохранен строго в исторических габаритах. Подобный прием поможет эффективно решить многие проблемы реконструкции уникального театра мира.

Для современного города характерно изменение природного уровня грунтовых вод. Тенденция его понижения за счет системы дренажей нивелируется в островной части города подъемом, обусловленным замкнутым контуром набережных, а также постоянной подпиткой из ветхих сетей водоснабжения и канализации. Колебание уровня грунтовых вод создает благоприятные условия для гниения деревянных элементов фундаментов, а загрязнение и повышение температуры вод способствуют развитию биологического поражения древесины.



Рис. 10. Устройство паркинга под каналом (компания «Солетанш», Франция)

Применяемый для фундаментной кладки известковый раствор подвержен выщелачиванию и вымыванию, что обуславливает нарушение сплошности бутовых фундаментов.

Нет ничего удивительного в том, что в этих условиях фундаменты зданий, возраст которых составляет 150 или 200 лет, к настоящему времени имеют высокую степень физического износа. Скорее следует удивляться сохранности этих зданий, не усиленных с момента постройки. Сохранение нацио-

нального архитектурного наследия, к сожалению, нередко понимается нами лишь как необходимость поддерживать в порядке интерьеры и экстерьеры. Действительно, в Санкт-Петербурге, как сравнительно новом городе, до последнего времени не ставился вопрос о необходимости массового усиления фундаментов исторических зданий. Их практически не затрагивал капитальный ремонт 1970–90-х гг. До конца 80-х гг. прошлого века в отечественной практике не применялись современные геотехнологии.

Сегодня проблема усиления фундаментов исторических зданий стоит как никогда остро. Наступает предел безопасной эксплуатации фундаментов и, соответственно, зданий. Причиной этого является не только естественное старение, но и, главным образом, усиливающаяся техногенная нагрузка на грунты основания. Как уже упоминалось, одна из причин разрушения – колебание уровня грунтовых вод и их загрязнение с повышением температуры из-за локальных утечек из тепловых сетей.

Примером негативного воздействия этого фактора является особняк графа Шувалова на набережной Фонтанки, более известный как дворец Шуваловых-Нарышкиных (рис.11). В южной части участка, которую сегодня занимает это здание, около 1790 г. был построен дворец княгини Воронцовой, имевший П-образную форму. В 1821–22 гг. приобретенное Д. Л. Нарышкиным здание было расширено в северном направлении пристройкой, в которой расположились танцевальный и выставочный залы. В 1840 г. основное здание и пристройка были реконструированы по проекту архитектора Б. Симона, объединившего их общим фасадом. Эти исторические факты важны для установления причин деформаций конструкций.

При реставрации здания в канун юбилея города обнаружилось, что на только что отреставрированном декоре стали проявляться трещины (рис.12). Значительное количество вертикально ориентированных трещин было отмечено в несущих стенах в местах изменения их толщины (у пилонов), в углах примыкания друг к другу. На момент обследования ширина раскрытия некоторых трещин достигала 6...8 мм, при этом нельзя было исклю-

чить еще большего их раскрытия под декором. Характер развития трещин указывал на общее ослабление основания.

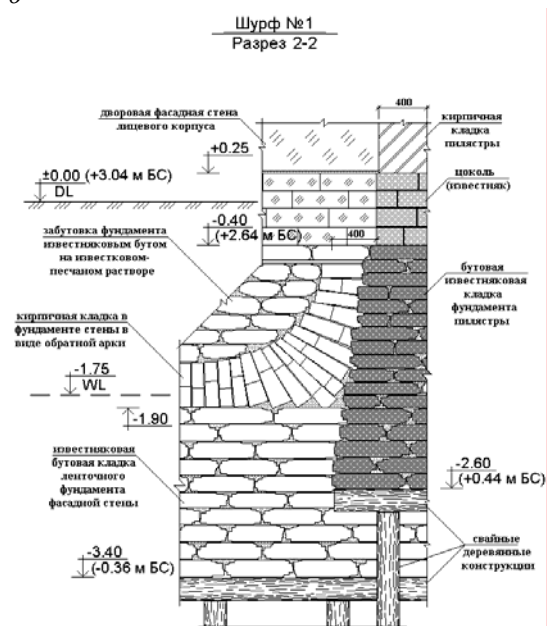


Рис. 11. Особняк графа Шувалова на Фонтанке



Рис. 12. Трещина, зафиксированная при обследовании декора особняка графа Шувалова

Чтобы составить полное представление о конструкции и состоянии фундаментов этого много раз перестраивавшегося здания, потребовалось выполнить 20 шурфов и пробурить через кладку фундаментов 30 скважин, а через полученные отверстия прозондировать грунты основания. В результате было установлено, что фундаменты всего комплекса зданий дворца выполнены из бутовой кладки, уложенной на деревянные сваи диаметром 20 см. Оказалось, что подошва фундаментной кладки и ростверки позднейших пристроек располагаются выше, чем у старейшей части здания (рис.13). Раствор из кладки вымыт, при бурении отмечались провалы, свидетельствующие о потере сплошности кладки. На отдельных участках деревянные элементы оказались выше уровня грунтовых вод, что обусловило



их интенсивное гниение. Неожиданностью стала значительная деструкция лежней и свай,

По результатам множества обследований была составлена обобщенная классификация дефектов фундаментов старых зданий и причин их возникновения (см. табл.1, рис.14).

Проходка шурфов является самым распространенным способом обследования основания фундаментов, применяемым при реконструкции. Шурфование позволяет проводить визуальное изучение, пенетрацию грунтов, массовый отбор проб, по которым определяются показатели свойств грунтов, устанавливается изменение физико-механических характеристик в уплотненных зонах основания.

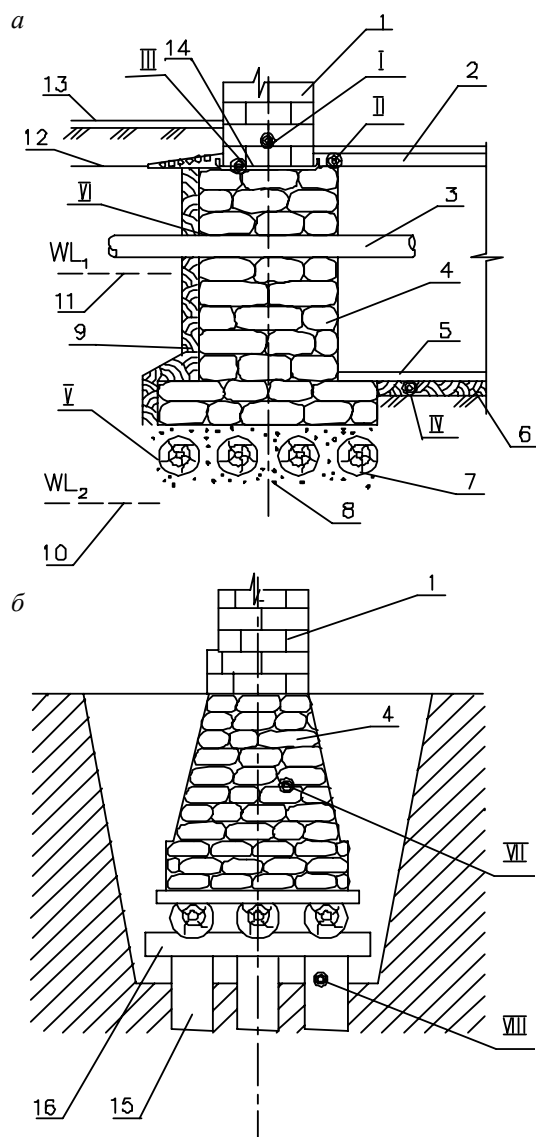


Рис.14. Традиционные конструкции фундаментов старых зданий с характерными дефектами (I – VIII – см. таблицу): а – бутовый фундамент на естественном основании; б – фундамент на сваях; 1 – кирпичная кладка стены; 2 – надподвальное перекрытие; 3 – труба, пропущенная через фундамент; 4 – бутовая кладка на растворе; 5 – пол подвала; 6 – гидроизоляция пола; 7 – деревянные лежни; 8 – каменная забутовка; 9 – гидроизоляция фундамента; 10 – горизонт подземных вод на момент реконструкции; 11 – то же на момент строительства; 12 – старая планировочная отметка; 13 – новая планировочная отметка с поднятием культурного слоя; 14 – старая противокapиллярная гидроизоляция; 15 – деревянные сваи; 16 – деревянный ростверк

Недостатки шурфования (высокая трудоемкость проведения работ в сложных условиях (под нагруженными конструкциями сооружения), частая необходимость крепления стенок шурфов, выполнение водоотлива) иногда делают его малоприменимым, особенно в условиях обследования уникальных дворцовых комплексов.

Информативность способов зондирования существенно возрастает при проведении комплексных и сопоставительных изысканий на основе тарировки с использованием корреляционных зависимостей между показателями зондирования и характеристиками физико-механических свойств грунтов.

При зондировании грунтов непосредственно под подошвой в фундаментах пробуривают сквозные отверстия диаметром 45...50 мм, через которые выполняют зондирование и испытания на лопастной сдвиг (рис. 15).

Весьма актуальной задачей обследований является диагностика свай в конструкции здания. Из практики известно, что за длительный период эксплуатации должна повыситься их несущая способность. Но здесь возникают проблемы, которые трудно учесть расчетами. Массив грунтов около старых деревянных свай может быть загрязнен. Тогда биологическому поражению подвергнутся как сами грунты, что доказано специальными исследованиями, так и деревянные сваи и ростверки, объединяющие их для совместной работы. Методика ITS (Integrity Test System) позволяет установить фактическую длину и сплошность свай, а непосредственные испытания свай статической нагрузкой в конструкции – их несущую способность.

На рис.16 приведены достаточно необычные испытания старых деревянных свай: были открыты шурфы, на голову сваи установлен специальный домкрат. Интересны и испытания железобетонной сваи в существующем ростверке для решения вопроса об увеличении нагрузки на колонны после реконструкции. Как видно из данных сопоставительных испытаний (рис. 16, б), через 26 лет работы в кусте несущая способность сваи значительно повысилась.

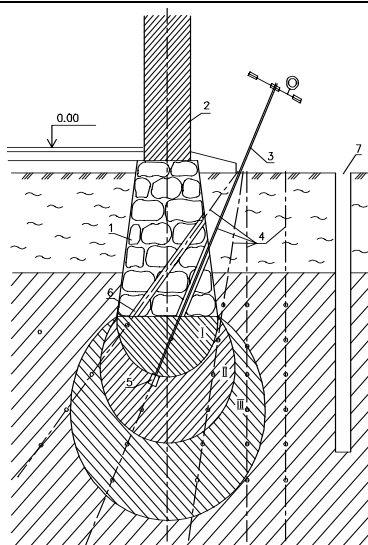


Рис.15. Зондирование лопастным зондом грунтов в основании фундамента: 1 – фундамент; 2 – стена; 3 – зонд; 4 – направления внедрения зонда; 5 – лопастной наконечник; 6 – сквозное отверстие, пробитое в фундаменте перфоратором; 7 – скважина для отбора проб; I, II, III – зоны разной степени уплотнения – упрочнения (точками указаны места испытаний на вращательный срез)

Оценка сплошности и длины свай по методике ITS приведена на рис. 17.

Использование фактических данных о состоянии фундаментной кладки, несущей способности сохранившихся деревянных свай, грунтов под подошвой фундаментов позволяет

достоверно оценить сложившуюся геотехническую ситуацию, выявить причины развития деформаций и принять правильное проектное решение по усилению. В ряде случаев достаточны локальные усиления, что без соответствующего расчетного анализа установить невозможно. Например, для особняка Шувалова нами было рекомендовано инъекционное закрепление тела фундамента и грунта под его подошвой с устройством коротких «свай-шпор», обеспечивающих передачу нагрузки от фундаментов, минуя деревянные лежни, на плотные грунты основания (рис.18). Для предотвращения гниения деревянных элементов фундаментов предусматривается их защита инъекцией силикатных растворов с кремнефтористо-водородной кислотой (H_2SiF_6). При взаимодействии раствора силиката натрия с кислотой в грунте выделяется фтористый натрий, который является эффективным антисептиком, препятствующим процессам гниения. Альтернативным вариантом может быть закрепление грунтов в зоне поврежденных деревянных элементов полиуретановыми составами. Здание нуждается в безотлагательном усилении фундаментов.

Как мы видели на примере здания Биржи, для оценки причин развития деформаций чрезвычайно важен ретроспективный многофакторный геотехнический анализ. Он позволил установить, что деформации Биржи носят

Таблица 1. Дефекты фундаментов старых зданий и причины их возникновения

Позиция на рис. 14	Вид дефекта	Причины его возникновения
I	Деструкция кирпичной кладки над обрезами фундамента	Увлажнение кладки над обрезами за счет поднятия культурного слоя. Ежегодное промерзание и оттаивание увлажненной кирпичной кладки
II	Коррозия металлических или гниение деревянных балок надподвального перекрытия	Повышенная влажность в подвалах, отсутствие вентиляции, нарушение гидроизоляции стен и полов
III	Разрушение противокapиллярной изоляции кирпичных стен	Старение материала, хрупкость старой гидроизоляции
IV	Нарушение гидроизоляции подвала	Механическое повреждение при откопке траншей, пробивке отверстий в полу
V	Гниение деревянных лежней	Понижение уровня подземных вод либо биологическое поражение древесины вследствие загрязнения грунтовых вод
VI	Нарушение гидроизоляции стены в местах прокладки коммуникаций	Плохая заделка мест ввода коммуникаций, разрушение старого гидроизоляционного слоя
VII	Разрушение раствора в швах кладки	Агрессивность подземных вод. Снижение прочности раствора со временем, выщелачивание раствора
VIII	Гниение голов деревянных свай	Понижение горизонта подземных вод, либо биологическое поражение древесины вследствие загрязнения грунтовых вод

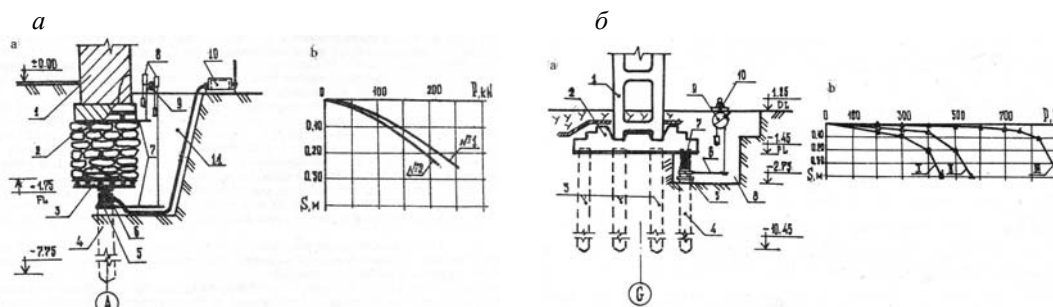


Рис. 16. Испытание свай в конструкции фундамента: а – деревянной свай; б – железобетонной свай

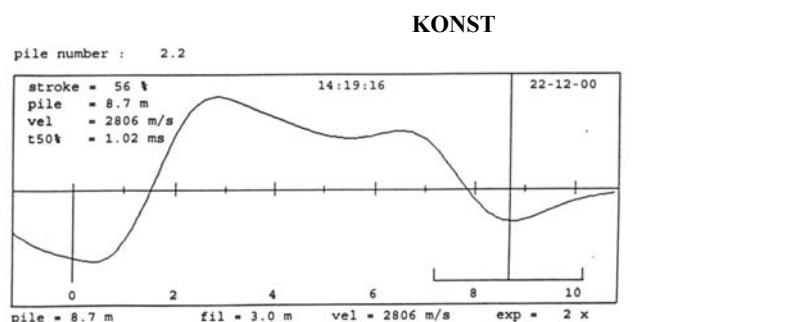


Рис.17. Тестирование деревянной свай методом ITS (объект – Константиновский дворец в Стрельне)

длительный характер, обусловленный, прежде всего, поведением слабых заторфованных супесей в основании здания. При удовлетворительной эксплуатации территории и ограничении динамического фона, обусловленного движением транспорта, нет оснований ожидать ускорения неравномерных осадок здания, а следовательно, не потребуются принимать меры по усилению его фундаментов.

Как показывает анализ случайной выборки из 50 деформированных зданий (рис.19), на долю разрушений, связанных с «пассивными» причинами эксплуатационного характера (прежде всего из-за длительного отсутствия профилактических мер), приходится 13% случаев. К сожалению, в эти 13%, кроме упомянутых выше, попадают Большой Ораниенбаумский (Меншиковский) дворец, Константиновский дворец в Стрельне, Юсуповский дворец на Мойке, здания Адмиралтейства, Сената и Синода и многие другие, определяющие облик Петербурга и его пригородов. К настоящему времени в Петербурге силами специализированных организаций усилены фундаменты более 200 зданий, в том числе исторических; накоплен уникальный опыт проектирования и усиления, внедрены новые

современные геотехнологии. Но это лишь незначительная часть необходимого объема работ. Нужна реализация государственной программы спасения мирового достояния – исторических зданий Петербурга – на основе соответствующего финансирования работ по их усилению. Прежде всего необходимо усилить ветхие фундаменты, являющиеся первопричиной разрушения зданий (рис. 18).

4. РЕКОНСТРУКЦИЯ КВАРТАЛОВ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

В настоящее время «первенство» среди негативных воздействий на состояние исторических зданий заняли «активные» факторы разрушения. В течение последних 10...15 лет активно действующим негативным фактором стало уплотнение кварталов городской застройки. Застраиваются участки, оставшиеся свободными, осуществляется глубокая реконструкция старых зданий с оставлением фрагментов исторических конструкций (чаще всего – фасадных стен), устраиваются заглубленные этажи, вплотную примыкающие к старым зданиям.

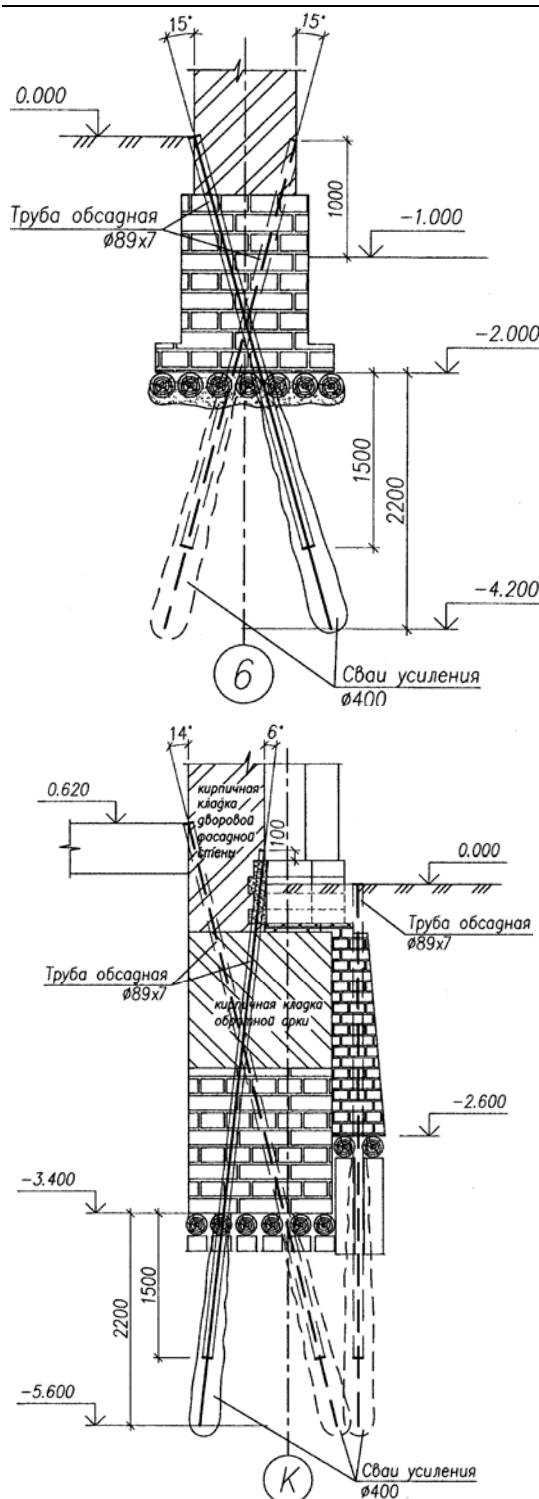


Рис. 18. Усиление фундаментов особняка Шувалова

Анализ той же случайной выборки из 50 зданий свидетельствует о том, что больше

половины (58%) случаев деформаций застройки обусловлены соседним строительством. Это связано с ошибками обследований и изысканий (точнее, с их усеченным объемом), с неумением выбрать безопасный для окружающей застройки вариант устройства фундаментов, с применением рискованных технологий ведения работ нулевого цикла, нарушением регламента ведения работ.

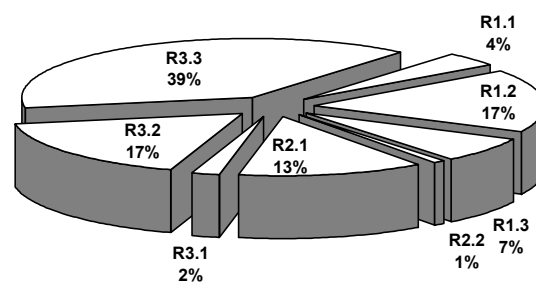


Рис. 19. Причины разрушения соседних зданий при строительстве новых в Петербурге:

R1.1 – причины, вызвавшие деформации из-за упущений на стадии изысканий; R1.2 – то же на стадии проектирования; R1.3 – то же на стадии производства работ; R2.1 – то же на стадии эксплуатации зданий; R2.2 – то же на стадии эксплуатации территории; R3.1 – недостатки изысканий для объекта соседнего строительства; R3.2 – недостатки проектирования объекта соседнего строительства; R3.3 – недостатки при производстве работ на соседнем объекте

Следует отметить, что строительство и реконструкция на структурно-неустойчивых грунтах в Санкт-Петербурге в среде плотной городской застройки, согласно европейским нормам, относятся к 3-й, наивысшей, категории геотехнической сложности. Как известно, в этом случае успех гарантируется при опоре на трех «китов»: архитектора, конструктора и геотехника.

Единственным способом успешного строительства и реконструкции в центре города является геотехническое сопровождение всех этапов строительного процесса – от предварительной оценки инвестиционной привлекательности проекта, инженерных изысканий и обследований на предпроектной стадии и расчетного обоснования при проектировании до мониторинга при производстве работ и последующей эксплуатации здания и окружающих строений.

Инвестор обычно легко определяет уровень затрат на надземные конструкции и отделку, оценить же затраты на подземную часть может только геотехник. Именно с такой оценки должен начинаться любой инвестиционный проект. Для нее нужно совсем немного – общее представление о параметрах здания, электронная карта инженерно-геологических условий города, экспертная оценка состояния прилегающей застройки и еще совсем чуть-чуть: логика, опыт, знания геотехника и современный расчетный аппарат.

На втором шаге – инженерных изысканиях и обследованиях – мы уже останавливались.

Третий шаг – геотехническое обоснование проекта – можно назвать ключевым во всем геотехническом сопровождении. Именно здесь рассматриваются различные варианты решения фундаментов нового здания и усиления существующих фундаментов, принимается концепция проектного решения, выбирается геотехнология, оценивается влияние строительства нового здания на существующие. При этом должна проводиться оценка двух аспектов: изменения статических условий работы основания существующих зданий и сооружений (разгрузка при откопке котлована, нагружение при возведении здания) и влияния различных этапов и технологий производства работ (водопонижение, погружение шпунта, устройство свай, экскавация грунта и т.д.).

Основным критерием выбора проектного решения и технологии устройства фундаментов является обеспечение сохранности окружающей застройки. Величины допустимых деформаций могут быть получены из совместного расчета системы «новое или реконструируемое здание – основание». До последнего времени такие расчеты оставались уникальными, хотя на необходимость их выполнения имелись прямые указания отечественных и зарубежных норм.

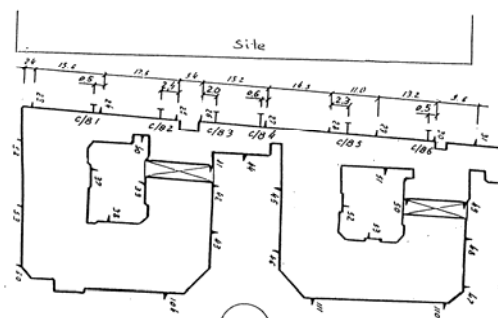
В настоящее время они стали вполне доступными благодаря появлению программы «FEM models», позволяющей решать пространственные задачи с подробным моделированием конечными элементами конструкции здания и реального геологического напластования.

При рассмотрении вопроса об усилении соседних зданий следует руководствоваться следующим правилом: средства защиты должны быть адекватны предполагаемым воздействиям. Обычно достаточно уверенно удается оценить воздействия, обусловленные нагружением или разгрузкой основания. Гораздо сложнее оценить влияние технологических факторов. Нами сделаны первые попытки расчетной оценки влияния различных технологий устройства свай на состояние грунтов основания. Оценены высота грунтовой «пробки» при изготовлении набивных свай, которую необходимо поддерживать внутри обсадной трубы, плотность тиксотропного раствора, обеспечивающая устойчивость скважин, проходимых без обсадных труб. Определены размеры зоны влияния вдавливания, забивки и вибропогружения свай и шпунта на грунты основания. Дело в том, что слабые петербургские глинистые отложения являются структурно-неустойчивыми средами, склонными к нарушению структуры при внешних воздействиях, сопровождающемся ухудшением их строительных качеств: снижением прочности, увеличением сжимаемости.

Летом 1998 г. одна из ведущих европейских геотехнических фирм выполняла сваи в самом центре города рядом с Московским вокзалом по технологии проходного шнека (CFA). Из-за невозможности создать условия проходки, когда одному повороту шнека соответствует поступательное движение на один виток, было допущено расструктурирование грунтов основания. В скважину с геометрическим объемом 8 м^3 уходил объем бетона 12 м^3 , иногда – 24 м^3 , а в двух случаях – 50 м^3 . В результате массового изготовления свай соседний многоэтажный дом 1905 г. постройки, находящийся в 20 м от площадки, стал получать деформации, к началу 1999 г. превысившие 30 мм (рис. 20).

Работы были остановлены, надоконные перемычки дома усилены. К сожалению, по экономическим причинам стройка была заморожена, и мы имели редкую возможность наблюдать «чистое» последствие этого технологического фактора. К настоящему времени осадки здания достигли 70 мм, при этом скорость деформаций достигает 5 мм за последний год. Такой характер деформаций

а



б

График зависимости $s=f(t)$ для межевой стены дома №44
по Лиговскому проспекту
Ligovsky, 44 (Pertsov House) $s=f(t)$ chart (side wall)

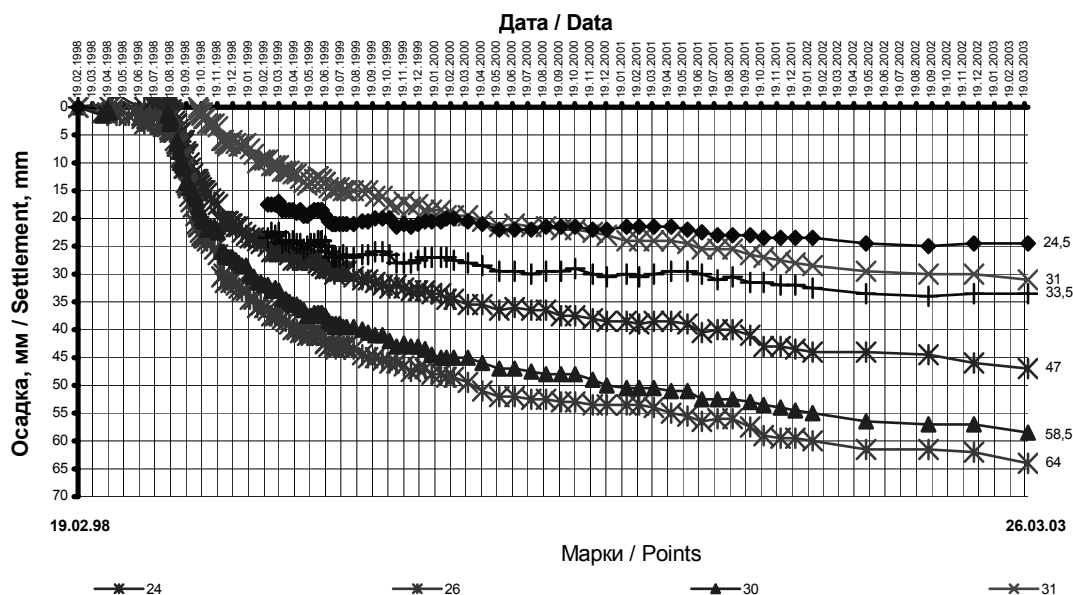


Рис. 20. Развитие осадок здания во времени в результате расструктурирования грунта при выполнении CFA-свай: а – план здания; б – график развития осадок во времени

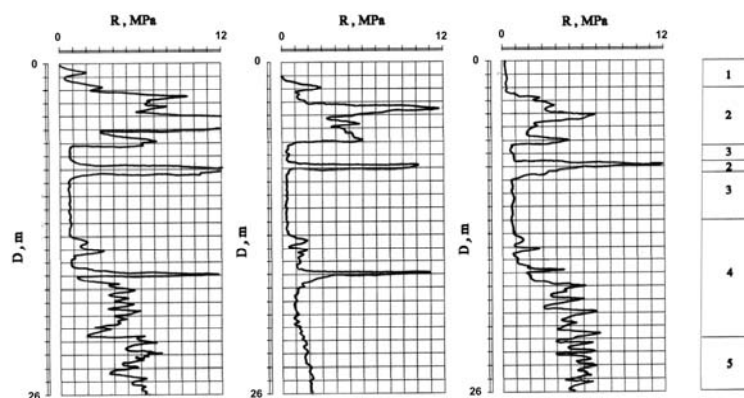


Рис. 21. Изменение сопротивления грунта статическому зондированию:
а – до изготовления свай; б – при изготовлении свай; в – через полчаса после изготовления свай

тивного решения фундаментов нового или реконструируемого здания и такую технологию ведения работ, которые не приведут к опасным деформациям существующей застройки:

$$\sum_{i=0}^n S_{ad}^i \leq S_{adu}.$$

Суммарное воздействие всех возможных факторов не должно превышать предельно допустимой дополнительной осадки соседних зданий S_{adu} , определяемой совместным расчетом зданий и основания. Для зданий, имеющих ценную отделку, величина S_{adu} определяется из условия обеспечения сохранности интерьеров и экстерьеров. Удовлетворение приведенному выше критерию является залогом успешного строительства в среде плотной городской застройки.

Примером такого подхода является строительство дома № 54 по Большой Морской ул. в Санкт-Петербурге, примыкающего к Дому архитектора, в котором проходит конференция «Реконструкция исторических городов и геотехническое строительство». Великолепные интерьеры бывшего особняка

Половцева обязывали нас предусмотреть все необходимые меры защиты этого ценного здания, ранее уже получившего деформации (рис. 22).

Старый бутовый фундамент межевой стены (у этой стены расположен великолепный итальянский камин работы мастеров эпохи Возрождения) был закреплен инъекционными методами. Фундаменты нового здания были запроектированы свайными, опирающимися на надежные моренные отложения. Была выбрана щадящая технология ведения свайных работ. Буронабивные сваи устраивались под защитой обсадной трубы, погружаемой статическим вдавливанием со знакопеременным вращением. В процессе всех работ по устройству фундаментов проводился мониторинг.

Мониторинг позволяет обеспечить требуемое качество выполнения строительных работ и сохранность окружающей застройки. Основными направлениями мониторинга являются:

геодезический контроль за возможными по регламенту деформациями соседних зданий;



Рис. 22. Фасад Дома архитектора, ул. Б. Морская, 52

контроль технического состояния окружающей застройки;

контроль уровня грунтовых вод вокруг строительной площадки;

контроль за параметрами колебаний грунта и конструкций соседних зданий при производстве работ нулевого цикла;

пооперационный контроль соблюдения щадящих параметров режима производства свайных работ (в том числе контроль за сохранением «грунтовой пробки» при бурении скважин под защитой обсадной трубы);

геологический контроль забоя скважины (если это позволяет технология);

контроль качества строительных материалов;

контроль сплошности изготовленных свай.

Проведение мониторинга по всем этим направлениям позволило обеспечить сохранность Дома архитектора (его осадки не превысили 10 мм), благодаря чему и стало возможным проведение здесь конференции по геотехнике.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Жизнь исторических городов немыслима без изменений, диктуемых временем. Ни один

город из числа тех, которые называют «музеем под открытым небом», не может быть полностью законсервирован. Меняется жизнь, меняются функции зданий, появляется необходимость их реконструкции и усиления. Геотехнике принадлежит ключевая роль в том, чтобы исторические города, сохраняя свое архитектурное наследие, не были исключены из бурной современной жизни. Эту роль очень удачно иллюстрирует схема, предложенная инженерным департаментом фирмы «Самсунг» (рис. 23), на которой важнейшие виды человеческой деятельности представлены в виде планет, вращающихся вокруг центра. Этим центром является принцип «жизнь в согласии с природой». Геотехнология вращается по орбите, очень близкой к центру. Я думаю, если и есть здесь преувеличение, то самое маленькое. Геотехника и геотехнологии важны для жизни человечества и сохранения того наследия, которые оставили нам предки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дашко Р. Э., Александрова О. Ю. Инженерно-геологический и геоэкологический анализ причин деформации Исаакиевского собора // Реконструкция городов и геотехническое строительство. СПб.: Изд-во АСВ. 2003. С. 57–65.

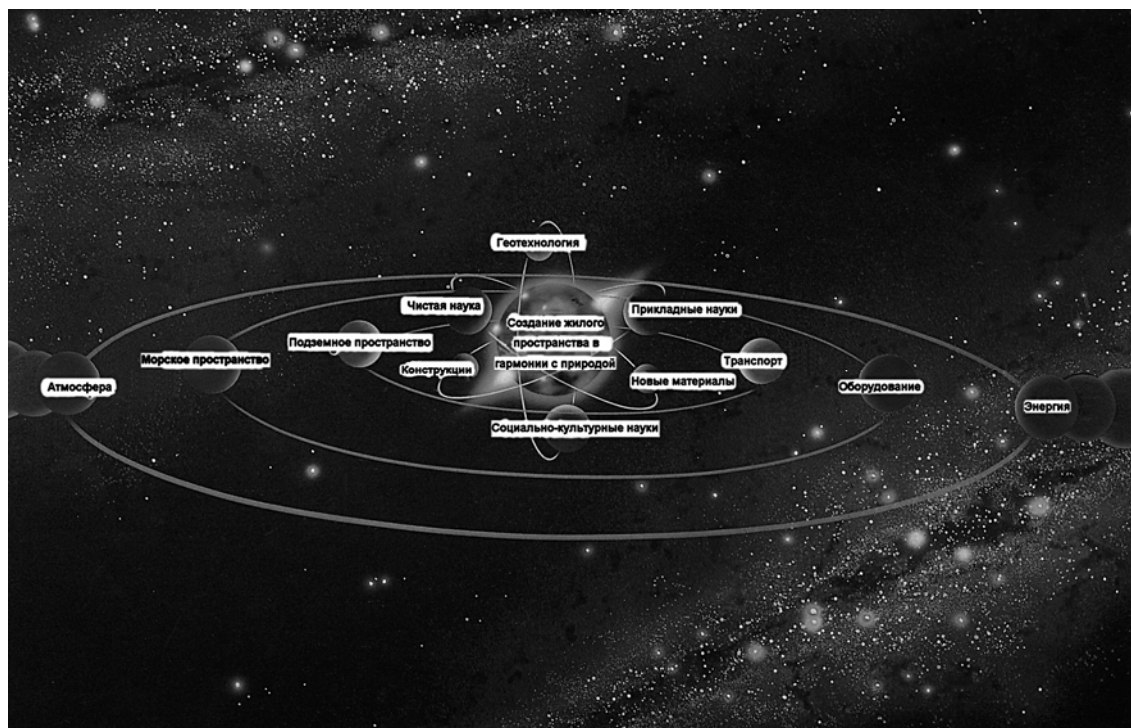


Рис. 23. Важнейшие виды человеческой деятельности, обеспечивающие жизнь в согласии с природой (схема предложена инженерным департаментом фирмы «Самсунг»)