

Источник фото: Pixabay.com



ОПАСНА ЛИ ТЯЖЕСТЬ НЕБОСКРЕБОВ КОМПЛЕКСА «МОСКВА-СИТИ»?

ВАСИН МИХАИЛ ВАСИЛЬЕВИЧ
Обозреватель

АННОТАЦИЯ

В последнее время в интернет-публикациях стали появляться заметки (например, [1, 2]), рассказывающие об исследованиях американских специалистов, которые приходят к выводу, что территория Нью-Йорка опускается относительно уровня моря вдвое быстрее, чем во всем мире (в среднем на 1–2 мм в год), то есть это происходит скорее всего не только из-за повышения уровня моря и откачки подземных вод, но и из-за прогиба земной коры под тяжестью огромного количества небоскребов. А все это может нести определенную угрозу для прибрежных частей города в будущем (повысить риски наводнений, снизить устойчивость зданий из-за воздействия соленой воды и даже вызвать постоянное затопление некоторых участков).

И вот уже на ненаучных веб-форумах и в некоторых веб-заметках российские журналисты начали высказывать подобные опасения по поводу территории комплекса небоскребов «Москва-Сити» и других участков столицы, стремительно застраиваемых высотками (например, [3] и др.).

В предлагаемой сегодня обзорной статье мы попытаемся развеять эти страхи. А также рассказать или напомнить о некоторых интересных фактах по поводу «Москвы-Сити».

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

ММДЦ «Москва-Сити»; геотехническая безопасность; мониторинг; карст; неравномерные осадки.

IS THE **WEIGHT** OF THE SKYSCRAPERS OF THE MOSCOW CITY COMPLEX DANGEROUS?

VASIN MIHAIL

Special correspondent

ABSTRACT

Recently in Internet publications (for example, [1, 2]), there have appeared notes telling that, in accordance with some American specialists' investigations, the territory of New York is sinking relative to the sea level twice as fast as in the whole world (on average by 1–2 mm per year). That is, this is most likely not only due to the sea level rise and due to pumping of groundwater but also due to the deflection of the Earth crust under the weight of a huge number of skyscrapers. And all this may pose a certain threat to the coastal parts of the city in the future (it can increase flood risks, reduce the stability of buildings due to exposure to salt water, and even cause permanent flooding of some areas).

And now, in some notes at unscientific web forums and in some web articles, Russian journalists have begun to express similar concerns about the territory of the Moscow City skyscraper complex and other parts of the capital that have been rapidly built up by high-rise buildings (for example, [3], etc.).

In the review article offered today, we will try to dispel these fears, and also to tell or remind about some interesting facts about the "Moscow City" complex.

KEYWORDS:

MIBC "Moscow-City"; Moscow International Business Center; geotechnical safety; monitoring; karst; differential settlements

Введение ►

Многим известно о гляциоизостатическом опускании земной коры (ее прогибах внутрь подкоркового субстрата земной мантии) под внутренними частями ледниковых покровов Антарктиды (толщиной до 4,8 км) и Гренландии (мощностью до 3 км). А также о том, что в последний ледниковый период это происходило со многими частями континентов, в результате чего теперь, освободившись ото льда, они испытывают медленное изостатическое поднятие (например, Канада и Скандинавия [4, 5]). В значительно меньших масштабах опускание возможно под очень крупными и глубокими водохранилищами [6].

Сейчас также стало появляться много публикаций (например, [7–9]) о том, что территории некоторых мегаполисов (например, Нью-Йорка, Джакарты) с большим количеством небоскребов, расположенных на океанических побережьях, могут быть когда-нибудь затоплены в нижней части не только из-за подъема уровня моря, проседания суши из-за откачек грунтовых вод и уплотнения грунтов, но и (в наименьшей степени) из-за погибов земной коры. Последние имеют очень небольшие величины,

но в сочетании с первыми тремя причинами они со временем могут сыграть отрицательную роль для городских участков с очень низкими высотными отметками.

Но это не тот случай для Московского международного делового центра (ММДЦ) «Москва-Сити» в столице России, хотя опасения о его опасной тяжести для земной коры иногда и высказываются в интернете. Дело в том, что Москва находится во внутренней части древнейшей и мощнейшей Восточно-Европейской (Русской) платформы в составе огромной Евразийской тектонической плиты и далеко от моря.

Однако Москва в отличие, например, от Нью-Йорка стоит не на особо прочных скальных грунтах, а на гораздо более слабых глинах, мергелях и известняках, закрытых сверху дисперсными грунтами [10, 11]. Если не говорить об оползневых процессах, например на склонах Москвы-реки, или о суффозионных процессах, связанных с дисперсными грунтами, то такие скальные грунты, как известняки, которые могут быть опорой для высоток, на значительных территориях Москвы залегают достаточно глубоко (до 30–40 м и более), характеризуются довольно низкими по-

казателями прочности, значительной неоднородностью, трещиноватостью и подверженностью карстовым процессам в результате фильтрации подземных вод [12, 13].

И все же, по мнению ученых, хотя из-за грунтовых условий это и трудно, строить небоскребы в Москве можно, если правильно использовать современные технологии. Большая тяжесть высоток приводит к необходимости использовать в качестве их оснований более прочные грунты и создавать для них фундаменты глубокого заложения. При этом необходимо проводить детальнейшие инженерные изыскания, по их результатам тщательно проектировать подготовку грунтовых оснований и создание фундаментов, использовать качественные материалы и не допускать ошибок при строительстве [12–14].

Что касается сейсмической опасности, то территория Москвы относится к наиболее благополучным на нашей планете. Научные прогнозы говорят о том, что по крайней мере в ближайшие 10 тысяч лет московским небоскребам не будут угрожать серьезные подземные толчки [10]. Хотя некоторую сейсмическую опасность и соответствующую сейсмостойкость зданий, особенно вы-

сотных, и здесь необходимо учитывать (вспомним хотя бы разрушительное землетрясение в Румынии 1977 года, достаточно ощутимые толчки от которого наблюдались даже в Москве [15, 16]).

Для возведения ММДЦ «Москва-Сити» недалеко от центра Москвы был выбран наилучший с геотехнической точки зрения участок для строительства небоскребов, где известняки залегают не очень глубоко.

Впрочем, следует отметить, что нынешний мэр Москвы Сергей Собянин позже назвал выбор данного места градостроительной ошибкой, но не по инженерно-геологическим причинам [17]. Дело в том, что основную задачу «увода» из исторического центра офисов, машин и нового строительства этот грандиозный комплекс не решил и к тому же потребовал вложения слишком больших средств в подготовку территории. В результате многое, особенно связанное с транспортной инфраструктурой, пришлось исправлять и исправляется до сих пор.

При инженерных изысканиях на предполагаемой площадке строительства было пробурено более 300 инженерно-геологических скважин. И результаты исследований подтвердили безопасность правильно спроектированного строительства на выбранном участке [18].

Специалисты, конечно, понимали, что существует огромный риск неравномерных чрезмерных осадок и кренов высотных зданий, фундаменты которых опираются на известняки. К тому же глубокие фундаменты должны были пересечь водоносные горизонты и изменить гидрогеологические условия. Все это необходимо было учесть при проектировании фундаментов и объектов ММДЦ в целом. При этом не только тщательно забетонировать уже выявленные трещины и карстовые пустоты (или суффозионные пустоты в известняковых слоях, прослоях и линзах), но и вести тщательный гидрогеологический, геотехнический и геодезический мониторинг грунтового основания комплекса (прежде всего силами НИЦ «Строительство» НИИОСП им. Н.М. Герсевича) при строительстве и эксплуатации, чтобы вовремя предпринимать необходимые меры по стабилизации в случае необходимости.

Чтобы подкрепить сказанное, обратимся к материалам статьи «Геотехнические особенности строительства Московского международного делового центра (ММДЦ) «Москва-Сити»» [19],

которую в свое время написали Валерий Петрович Петрухин (директор НИИОСП им. Н.М. Герсевича с 2006 по 2014 год) и Олег Александрович Шулятьев (заместитель директора по научной работе и заведующий лабораторией освоения подземного пространства городов НИИОСП им. Н.М. Герсевича). Попутно привлечем также информацию из множества других источников.

Общая информация о комплексе «Москва-Сити» ▶

В 1991 году московские власти поняли, что центр столицы, объекты которого подлежат сохранению, уже не может дальше развиваться. Поскольку небоскребы вмещают намного больше жилых, офисных и других помещений на небольших участках земли, в 1991 году по решению Правительства Москвы на основании концепции, предложенной архитектором Борисом Тхором и пятью его коллегами, было начато проектирование, а в 1993 году – строительство ММДЦ «Москва-Сити» на Краснопресненской набережной влучине Москвы-реки всего в четырех километрах от Кремля.

Сначала в течение нескольких лет шла подготовка территории, на которой до этого находилась большая промзона (а до этого – каменоломни).

В 1996 году началось строительство моста «Багратион» через р. Москву и башни «2000», соединенной с восточным берегом моста и расположенной на другом берегу относительно остальной части комплекса. Мост был сдан в 1997 году, а башня – только в 2001-м, поскольку в связи с недостатком финансирования проект был на какое-то время практически заморожен.

В 2009 году из-за всемирных финансовых проблем опять наступило замедление работ. Их окончание изначально было запланировано на 2020 год, но на деле они затянулись. Строительство до сих пор продолжается, хотя большая часть объектов уже активно функционирует.

В 2019 году в составе комплекса «Москва-Сити» и включающего его более обширного проекта «Большой Сити» началось строительство ЖК «Хедлайнер» из 10 высотных зданий и 109-этажного жилого комплекса «Ван Тауэр», в 2020 – офисного небоскреба «Ай-Сити» из двух башен, в 2023-м – 85-этажного ЖК «Дом Дау». Кроме того, в 2022 году был анонсирован проект 400-метровой башни «Палитра».

Башни комплекса «Москва-Сити» так спроектированы и построены, что для них не опасно некоторое раскачивание от ветра и они спокойно выдержат землетрясения, возможные в данном районе. Они имеют мощные внутренние железобетонные «стержни» и отдельные аутригерные ярусы, которые перераспределяют нагрузки, постепенно передавая их ниже вплоть до очень глубоких фундаментов и их грунтовых оснований.

Каждый строительный проект ММДЦ проходил тщательную проверку и получил положительное заключение государственной экспертизы.

Первоначальные архитектурные задумки (например, рис. 1) менялись в зависимости от инвестирования и других условий. Прежде всего из-за экономических трудностей одиннадцать изначально запланированных проектов ММДЦ и тем более множество грандиозных и прекрасных концептуальных предложений не было реализовано (в том числе не была построена башня «Россия» высотой, по разным предложениям, от 600 до 744,5 м, а на ее месте были возведены торговый центр и комплекс «Нева Тауэрс»). Многие другие проекты были реализованы лишь частично или с изменениями (например, по первому проекту комплекс «Федерация» должен был напоминать корабль с мачтой и двумя парусами) [19–26].

Все имеющиеся к сегодняшнему дню объекты ММДЦ «Москва-Сити» (рис. 2) возводились по индивидуальным проектам лучших архитекторов России и мира. Это комплекс уникальных высотных зданий, расположенных компактно на сравнительно небольших расстояниях друг от друга. Он объединяет бизнес-офисы, апартаменты, помещения для торговли и досуга и, как уже говорилось, до сих пор продолжает строиться. Поначалу планировалось возвести 19 зданий за 10–15 лет [12, 13, 27, 28].

На сегодняшний день в состав комплекса «Москва-Сити» входят уже построенные башни или их комплексы (в порядке уменьшения высоты, а не ввода в эксплуатацию):

- «Федерация» (башня «Восток» – 374 м, 97 этажей; башня «Запад» – 242 м, 63 этажа) с одним общим стилобатом – шестиэтажным атриумом;
- «ОКО» (комплекс зданий, «объединенных кристаллом основания», высотой до 354 м, до 85 этажей);
- «Нева Тауэрс» (345 м, из двух башен в 68 и 79 этажей);

- «Меркурий-Сити» (339 м, 75 этажей);
- «Евразия» (309 м, 72 надземных и 5 подземных этажей);
- «Город Столиц» (башня «Москва – 302 м, 76 этажей; башня «Санкт-Петербург» – 257 м, 65 этажей);
- «На набережной» (268 м, 59 этажей);
- «Эволюция» (255 м, 54 этажа);
- «Империя» (239 м, 60 этажей);
- «IQ квартал» (173 м, 43 этажа);
- «Северная» (132 м со шпилем, 108 без шпиля, 27 этажей);
- «2000» (104 м, 34 этажа).

В комплекс также входят сданный первым мост «Багратион», выставочный комплекс «Экспоцентр» (павильоны высотой до 10,1 м и выше) и комплекс «Центральное Ядро».

В подземную часть «Центрального ядра» входят: три станции метро (в том числе «Выставочная»), автостоянка на 2750 машиномест, VIP-стоянка, технические помещения, торговый комплекс. В наземную часть ядра входят: торгово-развлекательный комплекс «Афимолл Сити» (53 м, 6 этажей), киноконцертный зал на 6 тысяч человек и гостиница.

Каждый небоскреб «Москвы-Сити» возводился по 4–5 лет. В процессе строительства находится еще пять объектов. Общий объем инвестиций в создание ММДЦ уже к 2014 году составлял более 12 млрд долларов США [4, 7, 12, 14, 19, 25, 27, 28, 30].

Условия площадки строительства ▶

Территория комплекса «Москва-Сити» находится на левобережной пойме Москвы-реки и частично на первой надпойменной террасе на расстоянии от 70 м от берега и более. Изначально ее поверхность имела высотные отметки от 124,3 до 128,0 м.

Площадка имеет сложный слоистый геологический разрез, состоящий из отложений четвертичной, юрской и каменноугольной систем (рис. 3). В ее пределах выделено четыре водоносных горизонта с безнапорным и напорным (часто значительным) режимами фильтрации подземных вод, с различной водопроницаемостью и трещиноватостью водовмещающих грунтов. Гидрогеологические условия осложняются близким расположением Москвы-реки [19].

Четвертичные отложения включают следующие грунты:

- техногенные (насыпные супеси, суглинки и пески с содержанием городского мусора, обломков кирпичей и бетона);
- аллювиальные (суглинки, супеси и пески, в том числе с гравием и галькой



Рис. 1. Первая планировочная модель комплекса «Москва-Сити» [26]



Рис. 2. «Москва-Сити» сегодня. Не видна башня «2000» с другой стороны Москвы-реки над мостом «Багратион» [29]

в нижней части разреза, общей мощностью 1,2–5,3 м);

- элювиальные (карбонатная мука с известняковым щебнем в количестве до 30% общей толщиной 0,5–7,0 м).

Коренные породы представлены верхнекаменноугольными известняками (разной степени трещиноватости и прочности), доломитами и глинисто-мергелистыми отложениями. Они залегают в данном районе относительно неглубоко (4,10–13,85 м от поверхности)

и были вскрыты скважинами на всю глубину проходки – до 55 м (до абсолютных отметок 69,5–72,7 м). Скальные породы (известняки) являются сильно трещиноватыми, имеют проявления карста (каверны), включают множество прослоек и линз.

Следует отметить, что известняки и доломиты ранее добывались в данном районе открытым способом, но в конце 1950-х годов карьеры были засыпаны промышленными отходами и различ-

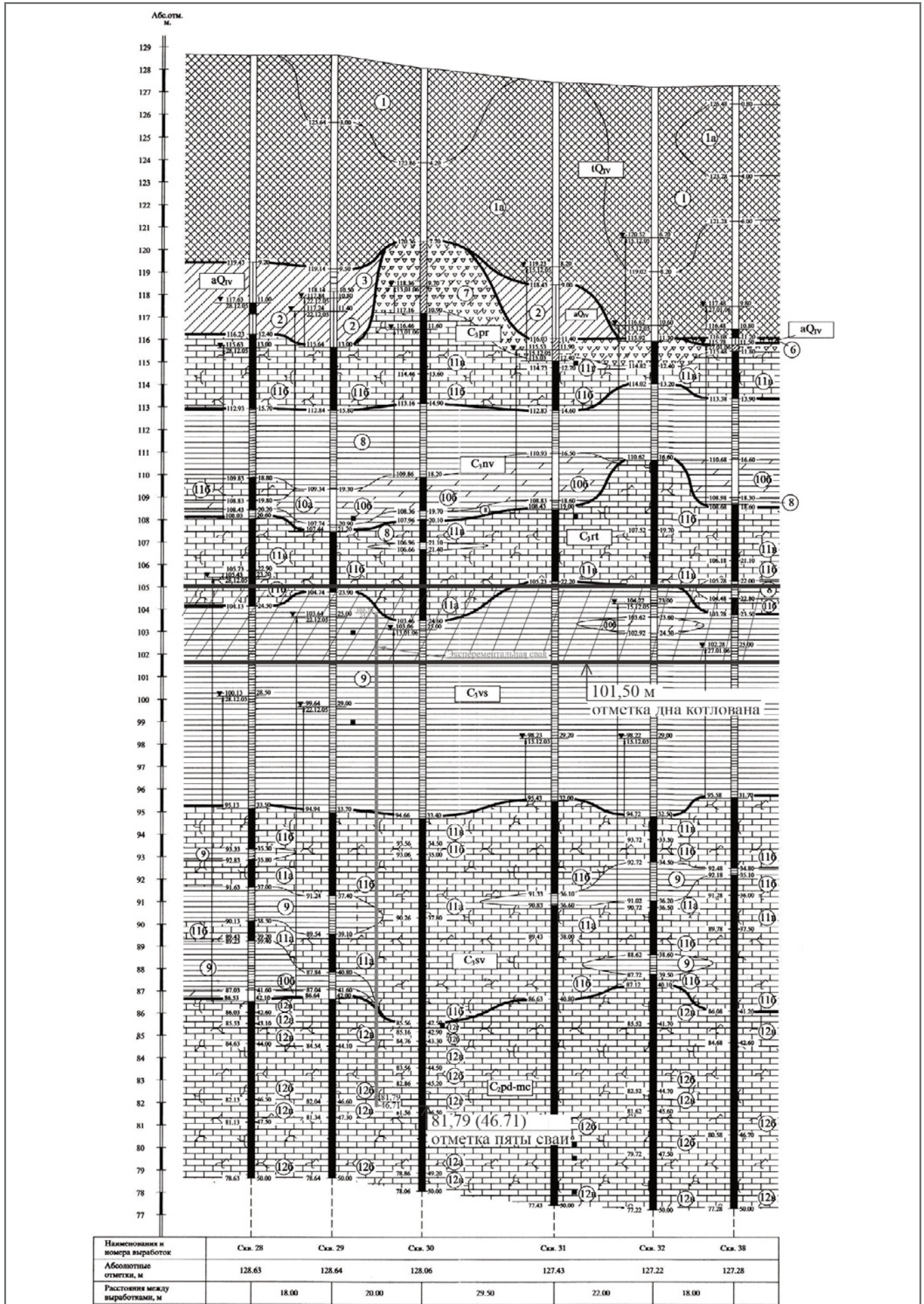


Рис. 3. Инженерно-геологический разрез, типичный для площадки ММДЦ «Москва-Сити» [19]

ным бытовым мусором. На территории есть и палеодолины исчезнувших потоков Москвы-реки [19].

Особые требования к инженерным изысканиям, проектированию, строительству и эксплуатации ►

Проектирование и строительство ММДЦ осложнялось следующими факторами [19]:

- сложность инженерно-геологических условий;
- значительная площадь застройки (площадка – более 100 га, строительные объекты – в сумме более 60 га);
- большая глубина заложения фундаментов;
- повышенная стоимость строительства фундаментов (например, фундамент для 50-этажного здания может стоить втрое дороже, чем для 20-этажного);
- необходимость обеспечения значительной пространственной жесткости несущих каркасов зданий, не превышения допустимых кренов и осадок;
- колоссальные нагрузки на фундаменты и на грунтовое основание (300–1000 кПа) от веса зданий и их неравномерное распределение;
- взаимное влияние строящихся объектов;
- работы в зоне метрополитена;
- сжатые сроки строительства;
- проектирование разных объектов комплекса разными организациями, в том числе зарубежными, которые не всегда имели достаточный опыт проектирования и строительства фундаментов и подземных частей зданий такого масштаба и в таких сложных инженерно-геологических условиях;
- ведение строительства разными подрядными организациями и др.

Инженерно-геологические условия и прочие указанные выше факторы предъявляли особые требования к инженерным изысканиям, проектированию, строительству и эксплуатации комплекса, научно-техническому сопровождению всех этапов развития проектов, мониторингу смещений и усилий в грунтах, фундаментах, надфундаментных конструкциях зданий, коммуникациях между ними, линиях метро, проходящих под комплексом или поблизости, окружающей застройке, а также к мониторингу изменений уровней подземных вод. Для наблюдений за динамическими, вибрационными и сейсмическими воздействиями в высотных зданиях были установлены акселерометры.

При строительстве и эксплуатации высотного здания на грунт основания передаются очень большие нагрузки и возникает зона изменений напряженно-деформированного состояния (НДС) грунта. Она велика по площади и глубине, а при близком расположении высотных объектов такие зоны накладываются и взаимно влияют друг на друга и, соответственно, на сами объекты. Но такое огромное давление на грунт от веса небоскребов сейчас уже не проблема, поскольку в мире накопился большой опыт их проектирования и строительства из специальных современных строительных материалов в самых разнообразных грунтовых условиях [7, 11, 19, 31].

В силу вышесказанного при создании объектов «Москвы-Сити» зона инженерно-геологических исследований грунтового массива и последующих геотехнических расчетов была больше, чем для обычных зданий, и распространялась в обе стороны от башен не менее чем на 1–2 ширины подошвы фундамента и в глубину под подошвой фундамента не менее чем на 2–3 ее ширины.

Для повышения точности изысканий определение физико-механических характеристик грунтов осуществлялось различными методами. Выполнялись лабораторные компрессионные и стабилометрические испытания ненарушенных образцов, полевые испытания зондированием, прессиометрами и штампами разной площади (в том числе со дна котлованов). Помимо этого выполнялось тщательное определение фильтрационных характеристик и удельного водопоглощения скальных грунтов в полевых условиях (путем кустовых откачек или нагнетания).

При проектировании ограждающих котлованы подпорных противофильтрационных стен учитывалось то, что они (особенно в таком большом количестве, как на ограниченной территории «Москвы-Сити») меняют гидрогеологическую обстановку, поскольку препятствуют движению фильтрационных потоков всех водоносных горизонтов, что вызывает подъем уровней подземных вод и увеличение градиентов их напора. Но эти стенки в данном случае вполне рассчитаны на восприятие соответствующего дополнительного давления со стороны окружающих грунтов и возможных изменений их свойств, в том числе их гранулометрического состава.

Для проверки достоверности полученных при изысканиях механических характеристик грунтов ряд свай был

оборудован датчиками, измеряющими усилия методом Остерберга [19].

Подробнее о проектировании и строительстве ►

Большое давление со стороны объектов комплекса «Москва-Сити» на грунтовое основание привело к необходимости использования в качестве несущих более прочных грунтов – уплотненных или скальных. Основным несущим слоем для буронабивных свай явился известняк подольско-мячниковского горизонта.

Расчеты выполнялись так, чтобы выравнивать осадки под разнонагруженными участками, имеющими различные типы фундаментов, причем с учетом их развития во времени в процессе фильтрационной и вторичной консолидаций.

При проектировании котлованов, фундаментов, подземных и надземных помещений, передающих грунту очень большие нагрузки, решались сложнейшие инженерные задачи. Для их решения в рамках научно-технического сопровождения специализированных геотехнических организаций выполнялись целые комплексы геотехнических расчетов, учитывающих конкретные условия строительства для каждого объекта ММДЦ начиная с этапа архитектурного замысла.

Для обеспечения надежной устойчивости зданий в большом объеме выполнялось расчетное моделирование, в том числе (и прежде всего) по взаимодействию фундаментов с грунтовым основанием и надфундаментной частью для каждого объекта.

К традиционному набору расчетов, математического и компьютерного моделирования для всех этапов строительства и эксплуатации добавлялся целый ряд дополнительных процедур: моделирование аэродинамического воздействия (или испытания в аэродинамической трубе), расчет на прогрессирующее обрушение, выполнение альтернативных расчетов в разных программных комплексах, проводимых в рамках научно-технического сопровождения, и пр.

Пространственные расчеты использовались в том числе для первоначальной оценки нагрузок на фундаменты и податливости оснований для детального расчетного моделирования взаимодействия свай, плит и грунта, в частности в краевых и внутренних частях.

Строительство котлованов велось под защитой подпорных противофильтрационных «стен в грунте» (толщиной до 1 м и глубиной до 45 м) из монолитного



Рис. 4. Общий вид котлована для строительства «Центрального ядра» ММДЦ «Москва-Сити» в 1999 году [19]

железобетона или из буросекущих свай с опережающим тампонажем трещиноватых известняков в основаниях стен, с устройством 3–5 рядов грунтовых анкеров, иногда подкосов и распорок, берм для поддержки ограждений (рис. 4). При выемке грунта разработка известняков

в ряде случаев велась взрывным способом. В некоторых случаях устройство котлованов частично выполнялось методом «сверху вниз» с устройством распорных перекрытий [19].

Фундаменты создавались плитно-свайные, свайные и плитные (послед-

ние – под «Центральное ядро» и под слабонагруженные части фундаментов других объектов; они опирались на прочную глинисто-мергелистую толщу). Отметим, что для плитно-свайных фундаментов высотных башен еще не существовало нормативной базы, поскольку до этого они применялись в РФ ограниченно. Поэтому эти вопросы решались индивидуально для каждого объекта так, чтобы обеспечить его надежную несущую способность по грунту и устойчивость в целом.

Для устройства буронабивных свай-стоек и фундаментных плит, объединяющих их головы, использовался бетон повышенной прочности класса В60 со стальной арматурой. Каждая свая опирается на достаточно однородные и прочные слои известняков (средне- или слаботрещинчатых), выявленные при инженерных изысканиях.

Если котлован частично заглублялся в глины над водоносным слоем, уменьшая толщину этих глин и тем самым вызывая опасность выпора дна котлована в связи с большим пьезометрическим напором подземных вод, то в котловане устраивался ряд разгрузочных скважин, снижавших напор. Также в

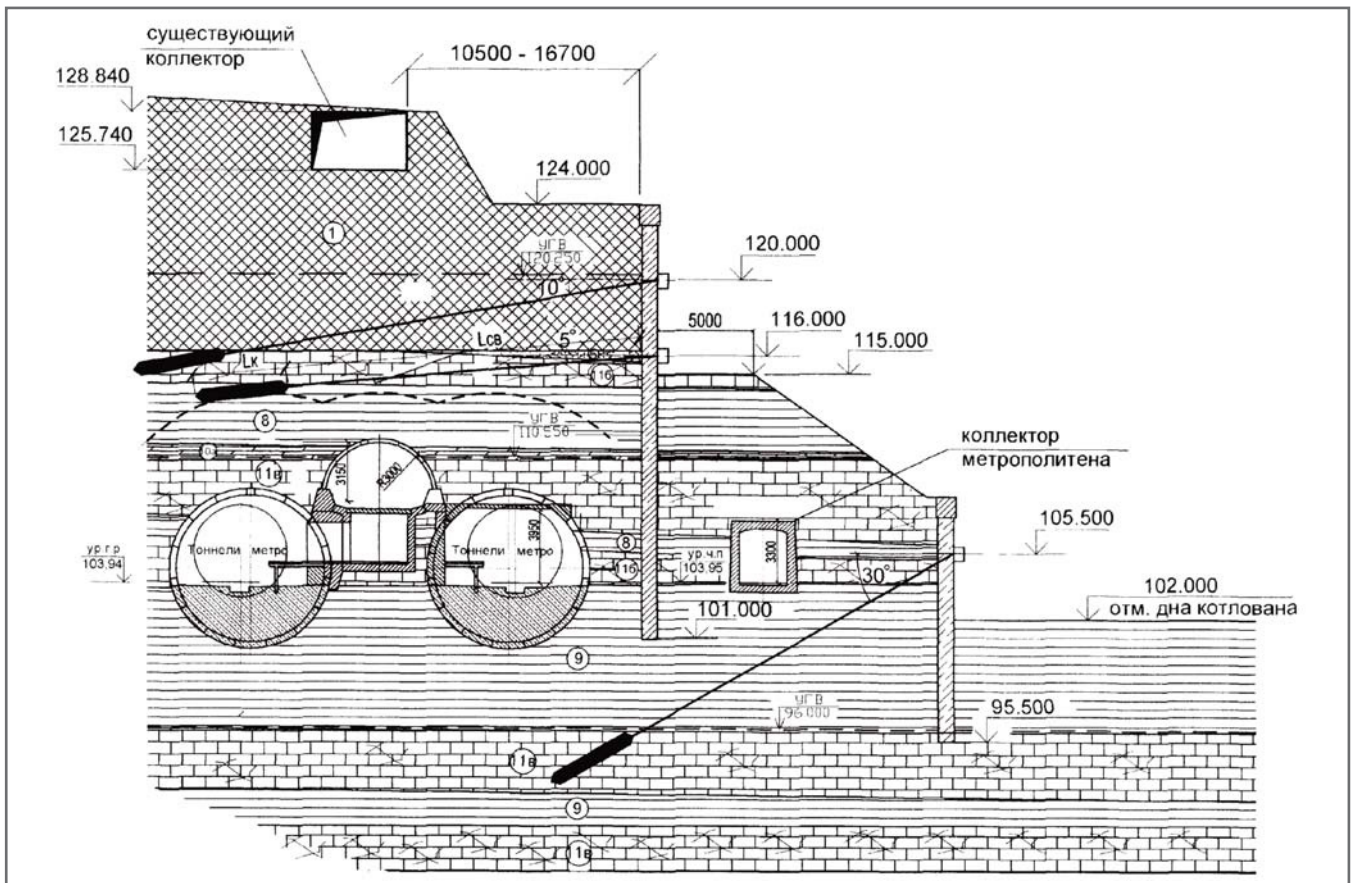


Рис. 5. Пример устройства ограждения котлована в месте прохождения линий метро, коллекторов и ранее выполненных креплений котлована для соседнего объекта при строительстве комплекса «Москва-Сити» [19]

процессе строительства котлованов при необходимости устраивался временный пластовой дренаж (общий объем откачки из котлована мог достигать до $40 \text{ м}^3/\text{ч}$).

Наиболее сложными являлись участки устройства ограждений котлованов в местах прохождения линий метро и коллекторов, а также рядом с ранее выполненными ограждающими конструкциями для соседних объектов (иногда системы крепления соседних котлованов буквально накладывались друг на друга) (рис. 5). Будущие тоннели метро являлись неотъемлемой частью конструкций подземной части одного из объектов [19].

Длина буронабивных свай фундаментов объектов «Москва-Сити» подбиралась так, чтобы они прорезали более сжимаемые и менее прочные глины, мергели и трещиноватые известняки и заглублялись в более прочные скальные грунты (известняки с высокими прочностными и деформационными характеристиками по данным различных испытаний) не менее чем на 3,5 м. Длина свай составляет до 30 м, диаметр – 1,5 м, расстояние между ними – от 2,5–3,5 м и более, несущая способность – 2–3,5 тысячи тонн. Осадка каждой сваи при максимальной нагрузке на нее, по данным испытаний и моделирования, составляет несколько миллиметров, что в пределах допустимого.

Под нижними торцами свай выполнялась цементация известняка на глубину до 6 м в радиусе 3–6 м для повышения прочности этого грунта, ликвидации в нем карстовых пустот в случае их наличия и увеличения несущей способности свай. Контроль сплошности их стволов осуществлялся ультразвуковым методом.

Головы свай под каждым имеющим их объектом объединялись монолитной железобетонной ростверковой плитой (из бетона классов В40–В60) толщиной 3–5 м (рис. 6). В некоторых случаях устраивали двухслойный ростверк (рис. 7). В случае плитных фундаментов (под слабонагруженные участки) фундаментная плита толщиной 1,2–1,5 м опиралась на достаточно прочные глинистые, мергелистые или глинисто-мергелистые грунты. Работы велись при строгом контроле качества строительства всех компонентов фундаментов с учетом ухудшения свойств грунта под плитой при устройстве свай [19].

Строительство высоток комплекса велось из укрепленных котлованов глубиной 20–25 м. Каждая из них, как уже отмечалось, снизу доверху имеет ядро



Рис. 6. Установка арматуры для заливки ростверковой плиты толщиной 4,5 м [19]

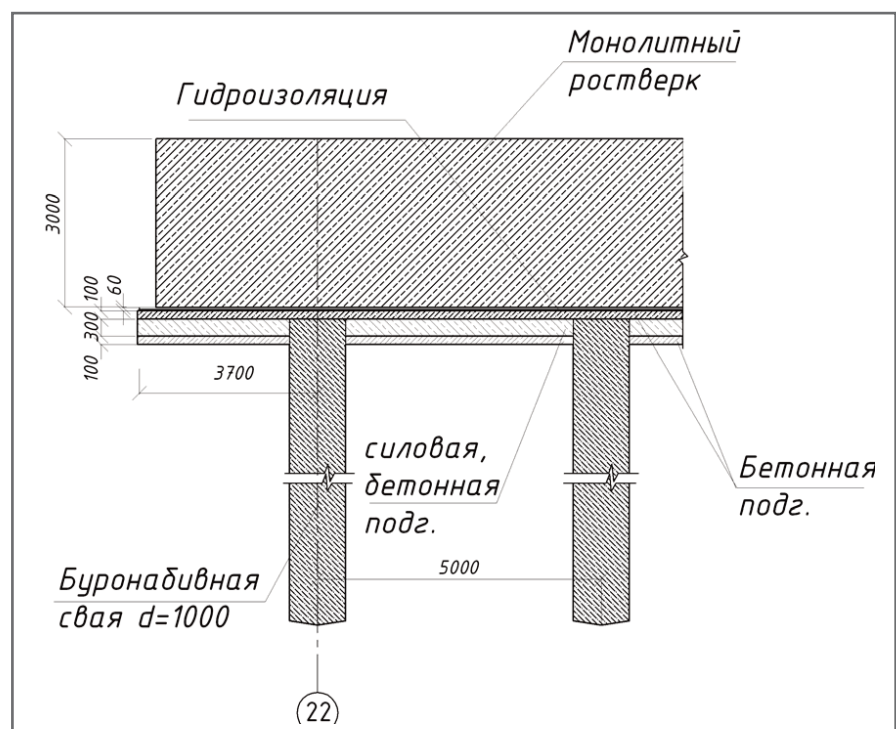


Рис. 7. Конструкция двухслойного ростверка [19]

жесткости (включающее лестнично-лифтовые узлы, вентиляционные шахты и другие подсобные помещения), к которому с помощью дисков перекрытий крепятся колонны каркаса башни. Независимо от внешней формы здания положение центрального ядра и внутренних колонн по всей его высоте не меняется. Через каждые 20–30 этажей устроены технические аутригерные этажи, в которых балки перекрытий выполнены в виде балок-стенок на всю высоту этажа.

Строительство зданий в основном велось из монолитного железобетона

повышенной прочности (класса В60 и выше), реже использовался металлический каркас (цельностальные колонны и пр.). В большинстве небоскребов «Москвы-Сити» (кроме, например, 62-го и 63-го ресторанных этажей башни «Запад» комплекса «Федерация») нет естественной вентиляции и в них нельзя открыть окна (чтобы не нарушать работу инженерных систем и в целях безопасности) [19, 20, 31].

Не все было так гладко ►

Конечно, не все было так гладко в процессе строительства и последующей

эксплуатации объектов комплекса «Москва-Сити».

Бывало, возникали пожары, которые в некоторых случаях тушили по 2–4 часа. Тогда никто из людей не пострадал, но в итоге к пожаробезопасности стали относиться еще более серьезно [32].

Как-то раз случился провал строительной площадки из-за подмыва подземными водами [33].

Один рабочий выпал из окна 84 этажа при отделочных работах [34], а со смотровой площадки на 86 этаже, делая селфи, выпала девушка [35].

Некоторые окна ресторана Sixty в верхней части башни «Запад» комплекса «Федерация» имели трещины, которые появились во время отгрузки. Но эти окна все равно установили, поскольку не было средств их заменить. Указанные дефекты не представляют опасности, но, естественно, выглядят не очень хорошо [24].

А самый большой скандал, который с помощью больших денег удалось замять, был связан с комплексом «Федерация», состоящим из двух разноуровневых башен («Восток» и «Запад»), построенных на одном фундаменте. Это здание некоторое время было самым высоким в Европе (до строительства «Лахта-Центра» в Санкт-Петербурге) и стало символом «Москвы-Сити», но в то же время и пособием для специалистов на тему того, как нельзя строить

фундаменты. Дело в том, что владелец компании Mirax Group Сергей Полонский, взявшийся за реализацию проекта строительства «Федерации», стремился поставить рекорд по одновременной заливке бетона (14 тыс. куб. м) для создания мощнейшей фундаментной плиты, чтобы попасть в «Книгу рекордов Гиннеса». Он подписал контракт с турецкой компанией на выполнение этих работ в кратчайшие сроки, что и было сделано к 26 февраля в мороз минус 7 градусов с прогревом грунтового основания и заливаемой плиты тепловыми пушками под целлофановым саркофагом, поскольку при минусовой температуре заливать нельзя. Прогрев с трудом удавалось довести лишь до нуля градусов. А к 1 марта температура воздуха опустилась до минус 17 градусов. И согреть плиту не удалось никакими силами. Поэтому от первых же поспешных нагрузок (в результате установки крана и начала армирования нижнего подземного этажа той же турецкой компанией) через 2–4 недели в плите, еще не набравшей прочность, появились трещины. Достать обратно ее, понятное дело, уже было невозможно. Поэтому работы по строительству нижнего этажа остановили и через три месяца сверху залили еще одну такую же плиту. Далее работы вела уже китайская компания.

В результате всего этого сроки строительства «Федерации» были отодвинуты

в целом на полгода, расходы на фундаментную плиту удвоились, был потерян один подземный этаж с соответствующими затратами, появились незапланированные расходы на перепроектирование. Более того, были большие траты на замалчивание произошедшего. Всего потери составили 23 млн долларов США.

Хотя доказательств наличия в первой плите трещин, спрятанных под верхней плитой, уже не найти, экс-акционер Mirax Group Максим Привезенцев в 2020 году опубликовал фрагмент своей будущей книги «История мираксздания», в котором он рассказал то, о чем написано выше [4]. Но утешает, что в итоге фундамент «Федерации» действительно получился сверхнадежным.

Заключение ►

Сегодняшний комплекс небоскребов «Москва-Сити», где расположено семь из десяти самых высоких небоскребов Европы, привлекает внимание туристов из всех уголков России и из других стран мира [9]. Там работает, живет, отдыхает, занимается покупками или спортом множество людей.

Несмотря на все сложности, связанные со строительством этого комплекса, столица может испытывать за него гордость. Надеемся, что с помощью данной обзорной статьи нам удалось развеять сомнения многих читателей и журналистов в его геотехнической безопасности. **И**

Источники (References) ►

1. gazeta.ru/social/2023/05/23/16750190.shtml?updated.
2. news.rambler.ru/tech/50832205-geologicheskaya-sluzhba-ssha-nyu-york-tonet-pod-sobstvennoy-tyazhestyu/.
3. mk.ru/moscow/2021/08/04/moskva-cherez-50-let-mozhet-provalitsya-pod-zemlyu-provedeny-neuteshitelnye-issledovaniya.html.
4. ko.ru/articles/pro-treshchinu-v-fundamente-bashni-federatsiya/.
5. booksite.ru/fulltext/1/001/008/011/087.htm.
6. ros-pipe.ru/tekhn_info/tekhnicheskie-stati/gidrogeologiya-/vozdeystvie-glubokikh-vodokhranilisch-na-zemnyu-k/yavlenie-progibazemnoy-kory-ot-gravitatsionnoy-na/.
7. news.mail.ru/society/56250574/.
8. agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2022EF003465.
9. newizv.ru/news/2023-05-18/nyu-york-tonet-pod-vesom-svoih-neboskrebob-obnaruzhili-geologi-407747.
10. moscow-city.online/news/35069/.
11. kommersant.ru/doc/3780218.
12. urban-development.ru/2010/2.pdf.
13. tvosibgtv.ru/events_partnerships/geotekhnicheskie-osobennosti-stroitelstva-vysotnyh-zdanij.html.
14. moscow-city.guide/towers/ekspotsentr/.
15. news.rambler.ru/disasters/40130436-chem-zemletryasenie-v-rumynii-v-1977-godu-napugalo-moskvichey/.
16. factroom.ru/rossiya/samoe-razrushitelnoe-zemletryasenie-za-vsyu-istoriyu-moskvy.
17. ru/expert/2010/48/pyat-oshibok-moskovskogo-siti/.
18. arendator.ru/news/95326-moskva-siti_mozhet_provalitsya_kommentarij_eksperta/.

19. Петрухин В.П., Шулятьев О.А. Геотехнические особенности строительства Московского международного делового центра (ММДЦ) «Москва-Сити» // Развитие городов и геотехническое строительство. 2010. № 1. URL: fc-union.com/wp-content/uploads/2018/06/1-Proektirovanie-i-stroitelstvo-fundamentov-Moskva-SITI-SHulyatev-O.A.pdf.
20. vc.ru/offline/153091-neboskreby-gotovy-li-vy-zhit-menshe-no-yarche.
21. moscowcitysale.ru/blog/mify-i-realnost-moscow-city.
22. themoscowcity.com/company/news/mify-o-moskva-siti/.
23. pamsik.livejournal.com/212112.html.
24. imccenter.ru/moskva-siti-7-udivitel-nykh-faktov-o-delovom-tsentre-stolitsy/.
25. ru.wikipedia.org/wiki/Москва-Сити.
26. realty.rbc.ru/news/5b0254a89a794771a9ac817c.
27. anton-malahov.livejournal.com/14549.html.
28. moscow-city.guide/about/.
29. pixabay.com/ru/illustrations/moscow-city-москва-город-3550477/.
30. iz.ru/582480/boris-ustiugov/moskva-siti-prostoit-10-tysiach-let.
31. dzen.ru/a/Yp9O2GWqZjvonEa_.
32. aif.ru/society/safety/neboskreby_v_dyumu_pochemu_v_moskva-siti_chasto_byvayut_pozhary.
33. 5-tv.ru/news/364419/moskvasiti-okazalas-nakrau-propasti-izza-obvala-grunta-video/.
34. moskva.bezformata.com/listnews/etazha-v-moskva-siti-vipal/45846103/.
35. topnews.ru/news_id_389327.html.

