

Санкт-Петербургский государственный университет

ШАЙДА Ксения Евгеньевна

Выпускная квалификационная работа

«Инженерно-геологическая оценка территории строительства жилого комплекса

«Лиговский Сити», г. Санкт-Петербург, Фрунзенский район»

Бакалавриат:

Направление *05.03.01 «Геология»*

Основная образовательная программа *СВ.5090.* «Геология и гидрогеология»*

Научный руководитель:
ст. преподаватель кафедры
грунтоведения
и инженерной геологии,
кандидат г-м. наук
Еремеева Анастасия Александровна

Рецензент:
Руководитель отдела инженерных
изысканий ООО «Промакс», магистр
геологии
Панарина Нино Джумберовна

Санкт-Петербург
2019

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.	3
1. ОПИСАНИЕ РАЙОНА РАБОТ.	4
1.1 Географическое и административное положение района.	4
1.2 Орография.	5
1.3 Гидрография.	6
1.4 Климат	7
1.5 Геологическая, гидрогеологическая и инженерно-геологическая изученность.	8
1.6 Стратиграфия.	9
1.7 Тектоника	16
1.8 Геоморфология	17
1.9 Полезные ископаемые.	18
1.10 История геологического развития.	18
2. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА	19
2.1 Основные инженерно-геологические типы пород, присутствующие в разрезе.	19
2.2 Геодинамические условия района.	21
2.3 Гидрогеологические условия района.	21
3. ХАРАКТЕРИСТИКА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ УЧАСТКА ИЗЫСКАНИЙ НА ОСНОВЕ ВЫПОЛНЕННЫХ ИНЖЕНЕРНО- ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ	24
3.1 Местоположение проектируемого объекта	22
3.2 Компонировка и техническая характеристика сооружения.	23
3.3 Геолого-литологическое строение территории строительства.	24
3.4 Гидрогеологические условия	27
3.5 Свойства грунтов.	28
3.6 Специфические грунты.	34
4. РАСЧЕТ СВАЙНОГО ФУНДАМЕНТА С УЧЕТОМ НАЛИЧИЯ БИОГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ.	35
4.1 Негативное влияние биогенных отложений на инженерно-геологические условия.	35
4.2 Особенности проектирования зданий при наличии в толще погребенных биогенных отложений	38
4.3 Расчет свайного фундамента.	37
4.3.1 Вариант заглубления свай до моренных отложений (ИГЭ-12).	39
4.3.2 Вариант заглубления свай в вендские глины (ИГЭ-16).	42
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	52
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	53

Введение.

Быстрый темп развития Санкт-Петербурга, большой спрос на различные сооружения, влекут за собой не только расширение черты города, но и необходимость нового строительства в историческом центре города. Сложность геологического строения и широкое распространение болотных отложений на островах дельты Невы, требуют особой внимательности к изучению инженерно-геологических условий.

В данной работе рассматриваются инженерно-геологические условия площадки строительства в историческом центре города.

Цель работы – провести анализ инженерно-геологических условий территории строительства жилого комплекса «Лиговский сити».

Задачи:

1. Проанализировать физико-географическое положение, геологическое строение и гидрогеологические условия г. Санкт-Петербурга.
2. Изучить инженерно-геологическое строение, физико-механические свойства инженерно-геологических элементов и гидрогеологические свойства участка строительства жилого комплекса «Лиговский сити».
3. Оценить негативное влияние погребенных биогенных отложений на инженерно-геологические особенности территорий.
4. Обосновать подходящий тип фундамента с учетом негативного влияния существующих инженерно-геологических условий.

1. Описание района работ.

1.1 Географическое и административное положение района.

Санкт-Петербург – самый северный город мира с населением свыше миллиона человек. Город расположен на северо-западе Российской Федерации, между 60°5' и 59°48' северной широты, в пределах Приневской низменности, на побережье Невской губы Финского залива и на многочисленных островах Невской дельты (Рисунок 1.). Принадлежит к числу крупнейших российских городов, как по числу населения, так и по площади. Имеет федеральное значение, является культурным и научным центром мирового уровня.

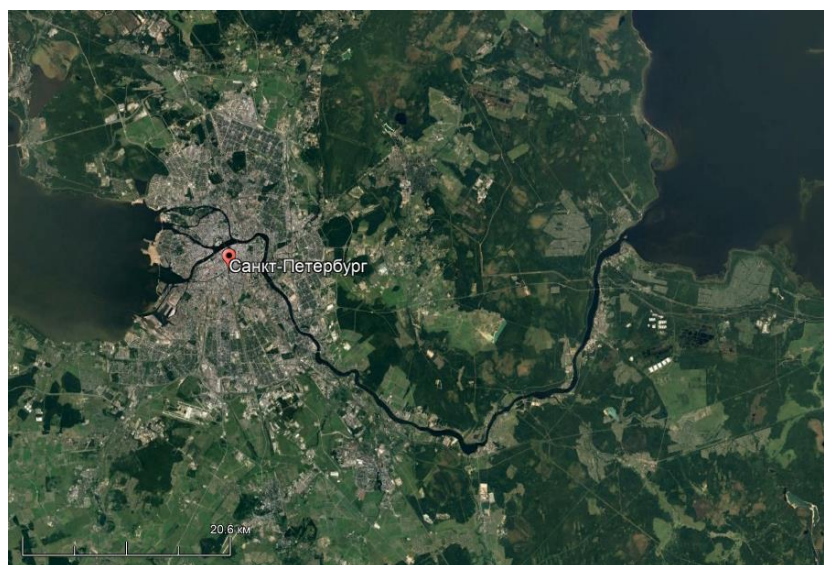


Рисунок 1. Местоположение Санкт-Петербурга, Google Earth.

Географическое положение города благоприятно для его экономического развития. Здесь расположен крупный порт, проходят многочисленные железнодорожные, автодорожные и авиационные узлы.

Площадь строительства жилого комплекса «Лиговский Сити» находится в пределах Фрунзенского района (Рисунок 2). Расположен на юге Санкт-Петербурга, граничит с Адмиралтейским, Невским, Центральным, Московским, Пушкинским и Колпинским районами. Площадь 3 746,9 га, средняя протяженность с юга на север – 11 км, с востока на запад – 3,6 км. Население Фрунзенского района по состоянию на 01.01.2017 составляет 406,0 тыс. чел. или 7,7 % от общей численности населения города. Плотность населения - около 11 тыс. жителей на 1 кв. км. (Фрунзенский, 2018).

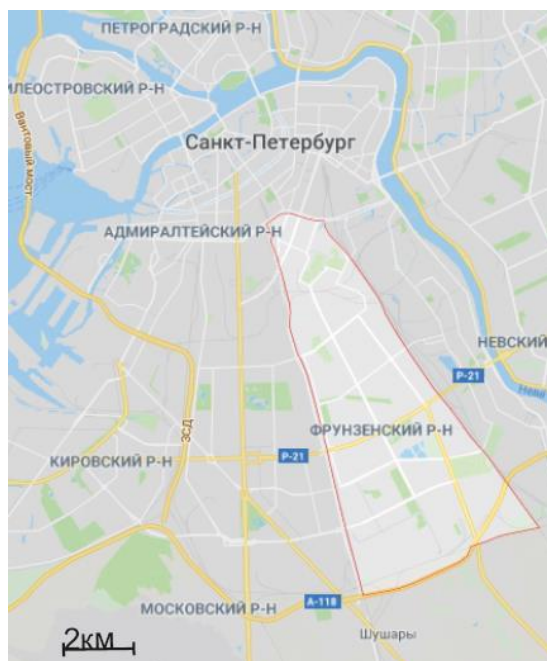


Рисунок 2. Территория Фрунзенского района, Google map.

1.2 Орография.

Территория Санкт-Петербурга расположена на западе Восточно-Европейской (Русской) равнины. Рельеф разнообразный по генезису и морфологии (Рисунок 3). В современном рельефе выделяются следующие основные элементы: 1) Ижорская возвышенность; 2) Балтийско-Ладожский уступ; 3) Предглинтовая низменность; 4) Приморская низина; 5) Приневская низина; 6) Приморская равнина; 7) Южковская гряда, Токсовская, Всеволожская и Колтушская возвышенности; 8) Лемболовская возвышенность или Центральная возвышенность Карельского перешейка (Атлас, 2009).



Рисунок 3. Орографическая схема Санкт-Петербурга. Масштаб 1:600 000 (Особенности инженерно-геологических условий, 2011)

Территория Фрунзенского района и участка строительства расположена в пределах приневской низины и к югу захватывает Балтийско-Ладожский уступ. Рассматриваемый в данной работе участок расположен в приневской низине - это обширная террасированная низина, с двух сторон полого и ступенчато снижающаяся к Финскому заливу и реке Неве. Связана с депрессиями Финского залива и Ладожского озера.

1.3 Гидрография

Территория Санкт-Петербурга и Ленинградской области характеризуется хорошо развитой гидрографической сетью, которая распространена неравномерно, что объясняется неоднородностью рельефа. Большая часть рек относится к бассейну Балтийского моря, питание происходит за счет талых, дождевых и подземных вод. Санкт-Петербург расположен на островах и берегах реки Невы, которая является самой многоводной рекой региона (Геология, 1975).

Общая протяженность всех водотоков Санкт-Петербурга составляет 282 м, водная поверхность составляет 7% всей площади города. Гидрологическая сеть претерпела изменения за счет деятельности человека. Из-за строительства в низкой болотистой местности сооружались каналы и пруды для осушения, некоторые водоемы засыпались.

Нева вытекает из Ладожского озера и впадает в Финский залив, проходит по Приневской низине, протяженность 74 км, падение 5 м, долина по большей части прямолинейная. Высота

берегов от 5 до 12 м, ширина от 200 м до 1300 м, глубина от 12-16 м до 23 м. Расход воды колеблется от 355 до 4460 м³/сек, среднее значение 2500 м³/сек.

На режим Невы влияют Ладожское озеро и Финский залив. При подъеме воды, который происходит из-за действия сильных западных ветров, нагоняющих воду из Финского залива, не редки наводнения. Однако вследствие равномерного стока воды из Ладожского озера Нева почти не имеет ни весеннего подъема воды, ни паводков. Наибольшее число наводнений приходится на осень, сезоном наводнений можно считать период с августа по январь. Основные притоки реки – Мга, Тосна, Ижора, Славянка, Черная, Охта (Геология, 1975).

Исследуемый участок расположен вблизи Обводного канала, который был сооружен к 1835 году и соединяет Неву и реку Екатерингофку. Канал создан для отвода вод в случае наводнений и транспортировки грузов к промышленным предприятиям (Обводный, 2017).

1.4 Климат

Санкт-Петербург расположен в области умеренно континентального климата, находится под влиянием Атлантического океана и его морей. Финский залив и Ладожское озеро придают климату черты морского – высокая влажность, умеренно теплая зима и нежаркое лето.

Климат характеризуется четырехсезонной структурой. Самый холодный месяц – февраль, самый теплый – июль (Таблица 1).

Большое влияние на климат оказывают ветры, которые приносят в город воздух часто из областей с другими климатическими условиями. Преобладающими являются западные и юго-западные ветры, которые приносят в город теплый и влажный атлантический воздух.

Среднегодовая сумма осадков - от 550 до 650 мм. Годовая величина испаряемости - около 300 мм и, следовательно, превышение осадков над испаряемостью более 300 мм. Средняя месячная абсолютная влажность воздуха изменяется от 2,1 - 3,1 мм (декабрь - март) до 9,4 - 11,4 мм (июль - август). Средняя годовая относительная влажность воздуха изменяется от 69 до 79 %.

Таблица 1. Максимальные, минимальные и средние температуры воздуха в Санкт-Петербурге по месяцам (Погода и климат)

Месяц	Абсолютный минимум	Средний минимум	Средняя	Средний максимум	Абсолютный максимум
январь	-35,9 (1883)	-8,0	-5,5	-3,0	8,7 (2007)

февраль	-35,2 (1956)	-8,5	-5,8	-3,0	10,2 (1989)
март	-29,9 (1883)	-4,2	-1,3	2,0	15,3 (2015)
апрель	-21,8 (1881)	1,5	5,1	9,3	25,3 (2000)
май	-6,6 (1885)	7,0	11,3	16,0	33,0 (2014)
июнь	0,1 (1930)	11,7	15,7	20,0	34,6 (1998)
июль	4,9 (1968)	15,0	18,8	23,0	35,3 (2010)
август	1,3 (1966)	13,4	16,9	20,8	37,1 (2010)
сентябрь	-3,1 (1976)	8,8	11,6	15,0	30,4 (1992)
октябрь	-12,9 (1920)	4,0	6,2	8,6	21,0 (1889)
ноябрь	-22,2 (1890)	-1,8	0,1	2,0	12,3 (1967)
декабрь	-34,4 (1978)	-6,1	-3,7	-1,5	10,9 (2006)
год	-35,9 (1883)	2,7	5,8	9,1	37,1 (2010)

Значительная часть осадков выпадает в виде снега, который лежит около 130 - 140 дней.

В осенне-зимний период (сентябрь-март) преобладают ветра южного и юго-западного направлений, в весенне-летний период (апрель-август) – западные ветра. Среднегодовая скорость ветра составляет 2,2 м/с.

Заметное влияние на климат оказывают городские условия. Антропогенные примеси в воздухе в дневное время уменьшают солнечную радиацию и замедляют охлаждение земной поверхности в ночное. Каменные здания и дороги нагреваются и накапливают тепло, отдавая его в атмосферу ночью.

1.5 Геологическая, гидрогеологическая и инженерно-геологическая изученность.

Геологическое изучение территории Ленинградской области началось во второй половине 18 века и до сих пор интерес не ослабевает. Объясняется это наличием минерального сырья и быстроразвивающимся заселением территории.

В истории геологических исследований Санкт-Петербурга можно выделить несколько этапов.

- 1) 18-19 век. Это время первоначального накопления знаний с разработкой ряда основополагающих геологических представлений.
- 2) Систематизация геолого-съёмочных работ – конец 190середина 20 века.
- 3) Вторая половина 20 века – инженерно-геологические и гидрогеологические исследования
- 4) В наше время проводятся тематические и специальные геологические исследования. Также активно ведутся инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания под строительство различных зданий и сооружений (Атлас, 2009).

1.6 Стратиграфия.

Санкт-Петербург и его окрестности расположен в зоне сочленения Балтийского щита и Русской плиты. На глубине 180-220 м. встречается архей-нижнепротерозойские кристаллические породы фундамента, на которых залегают осадочные отложения верхнего протерозоя (Рисунок 4). Повсеместно распространён четвертичный покров.

Протерозойская акротема

Верхняя зонотема

Вендская система

Верхний отдел

Котлинский горизонт - V_2kt .

На территории города повсеместно разрез осадочного чехла начинается отложениями котлинской свиты котлинского горизонта. Выделяют нижнюю и верхнюю подсвиты. **Нижняя котлинская подсвита** - V_2kt_1 развита на глубине от 138 -145 м, представлена толщей переслаивания глин, песчаников, алевролитов в нижней части разреза с преобладанием песчаников. Породы окрашены в серый, зеленовато-серый и бурый цвета. **Верхняя котлинская подсвита** - V_2kt_2 Полная мощность толщи 180-192 м, разделяется на две пачки. Представлена переслаиванием песчаников, алевролитов, глин.

Характерной особенностью является тонкая слоистость, обусловленная чередованием глинистых и алевролитовых прослоек. В нижней и средней частях встречаются стяжения

бурого сидерита. Глубина залегания глинистых пород котлинского горизонта увеличивается с севера на юг, юго-восток. Органические остатки в отложениях встречаются редко.

Верхний отдел вендской и нижний

отдел кембрийской систем

Томмотский ярус

Балтийская серия

Ровенский и Лонтоваский горизонты

Ломоносовская свита ($V_2 - \epsilon_1$ *lm*)

Залегают с перерывом на верхнекотлинских образованиях венда, распространена на юге территории. Подошва отчетливая, кровля четко не выделяется из-за постепенного перехода к сиверской свите. Мощность от 8 до 12 м, сложена переслаивающимися кварцевыми песчаниками от тонко- и мелко- до средне- и крупнозернистых в основании, алевролитами и алевролитовыми глинами голубовато-зеленовато-серой окраски. В нижней части разреза преобладают глинистые песчаники, выше – алевролиты. Ломоносовские песчаники перекрыты частично четвертичными отложениями, а по мере продвижения на юг – глинами сиверской свиты.

Фанерозайская эонотема

Палеозойская эратема

Кембрийская система

Нижний отдел

Лонтоваский горизонт

Сиверская свита (ϵ_1 *sv*)

Распространена в южной части города, выклинивается к северу. Перекрывается четвертичными отложениями. Представлена толщей «синих глин», мощностью 110-120 м.

Свита распространена в южной части территории города (см. рис 2.1) и перекрыта чехлом четвертичных отложений представлена однообразной толщей «синих глин», мощность которых довольно постоянна и в среднем равна 110-120 м. Встречаются прослои алевролитов, линзы мелкозернистых кварцевых песчаников.

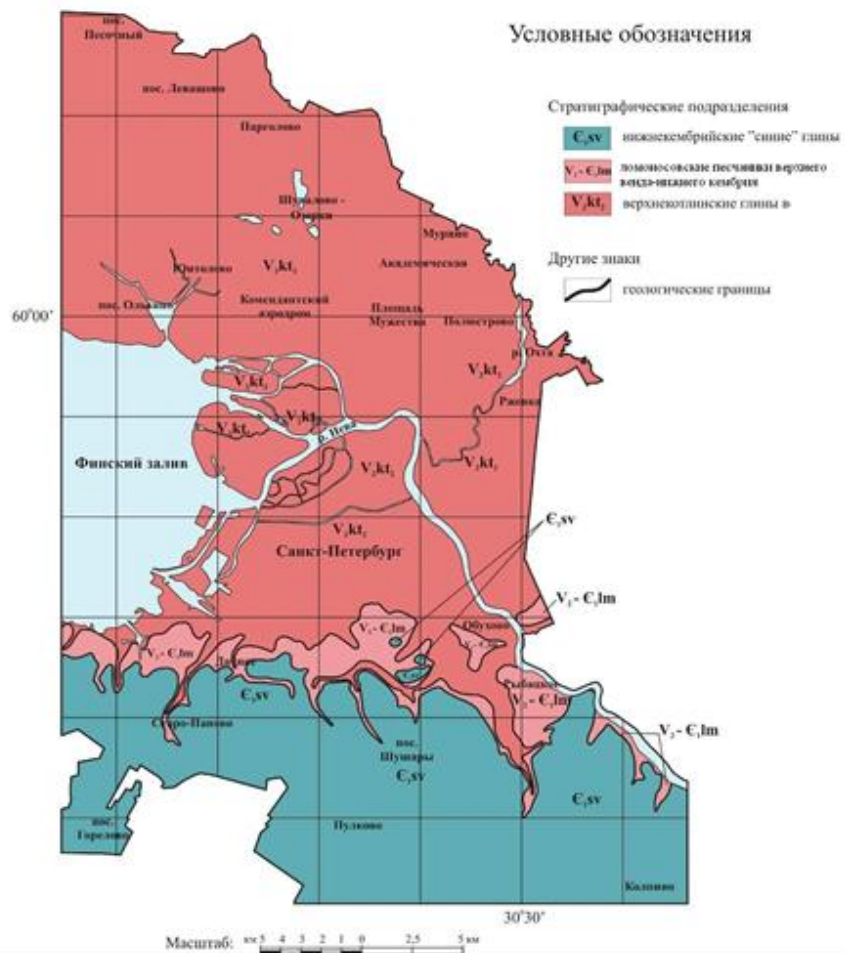


Рисунок 4. Схематическая карта дочетвертичных отложений Санкт-Петербурга (Особенности инженерно-геологических условий, 2011).

Кайнозойская эратема

Четвертичная система

На территории Санкт-Петербурга распространен сплошной четвертичный покров (Рисунок 5). Мощность отложений изменяется от 15-20 до 100-120 м. Это сложный комплекс различных генетических типов осадков, которые залегают на размывтой поверхности верхнекредных глин. Сложность строения определяется расчлененным рельефом поверхности коренных пород, с многочисленными погребенными долинами и длительной историей формирования осадков Приневской низменности.

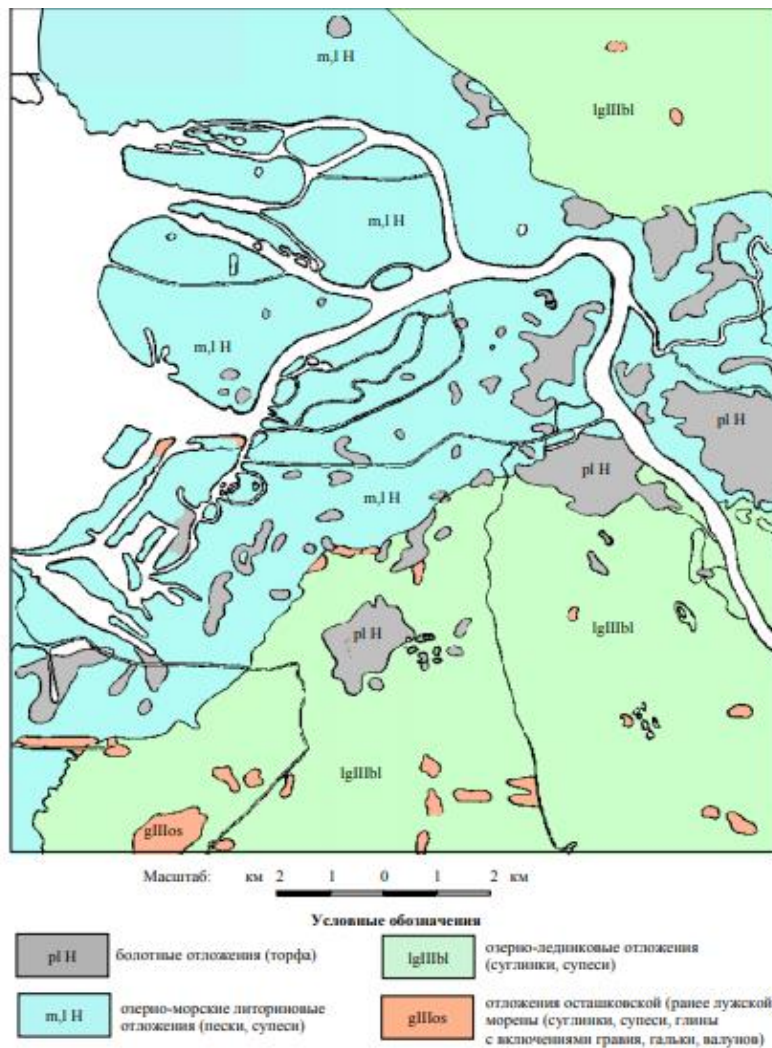


Рисунок 5. Схематическая карта четвертичных отложений Санкт-Петербурга (Особенности инженерно-геологических условий, 2011).

Плейстоценовый надраздел

Неоплейстоценовый раздел

Среднее звено

Среднее звено неоплейстоцена представлено отложениями среднерусского надгоризонта в составе днепровского и московского горизонтов.

Среднерусский надгоризонт

Московский горизонт (II ms)

На рассматриваемой территории к московскому горизонту отнесены ледниковые отложения на дочетвертичных породах.

Ледниковые отложения (gIIms)

Московские ледниковые отложения (gIIms) залегают на непосредственно коренных породах вендской системы и местами перекрыты московскими водно-ледниковыми отложениями, морскими осадками микулинского горизонта, озерными, озерно-ледниковыми, флювиогляциальными осадками подпорожского и ошашковского горизонтов. Особенно широкое распространение имеет московская морена в Приневской низине и в древней долине р. Невы, а также в изолированных впадинах дочетвертичного рельефа. Морена является наиболее выдержанным горизонтом и отсутствует лишь в местах подъема коренных пород. Мощность морены измеряется в широких пределах, достигая местами 35-40 м, но обычно не более 13-15 м.

Морена представлена твердыми суглинками, реже супесями коричневатого-серого, серовато- и буровато-коричневого, иногда с красноватым оттенком, цвета с включениями того или иного количества (до 20-25 %) гравия, гальки и валунов представленных обломками гранито-гнейсов, кварцитов, порфириров, реже метаморфических сланцев и частично осадочных пород.

Верхнее звено

Верхнее звено включает в себя микулинский горизонт, подпорожско-ошашковский и ошашковский горизонт.

Валдайский надгоризонт

Микулинский Мгинские горизонт (III_{mk})

Микулинские отложения служат одним из опорных горизонтов для стратиграфического расчленения четвертичной толщи. Мощность меняется в широких пределах от 2 м (на западе пос. Рыбацкое) до 31 м в древней долине реки Невы; глубина залегания кровли от 40 до 81 м, подошвы от 42 до 63 м. сложены они песками, супесями, суглинками и глинами. Пески мелкозернистые голубовато-серые с прослойками черной органики. Суглинки и глины темно-серые до черных, зеленовато-серые, тонкослоистые. Глины имеют битуминозный запах, содержат включения вивианита и полуразложившиеся растительные остатки.

Подпорожско-ошашковские объединенные горизонты (III_{pd-os})

Озерные, озерно-ледниковые и флювиогляциальные отложения (l,lg,f III_{pd-os})

Этот горизонт представлен межморенной толщей водных осадков, залегающих между московской и лужской моренами.

Наиболее низкие абсолютные отметки кровли приурочены к долине реки Пра-Невы, где глубина ее залегания достигает 68 м. Мощность осадков колеблется от 10 до 15 м. отложения подпорожско-осташковского горизонта представлены различными литологическими разностями: супесями, суглинками, песками, песками с гравием. Пески с гравием имеют плохую сортировку. Пески, как правило, разнозернистые, содержащие в разных количествах гравий.

Осташковский горизонт

Отложения осташковского горизонта пользуются наиболее широким распространением в комплексе четвертичных отложений. Они представлены ледниковыми, озерно-ледниковыми отложениями лужской стадии и поздне-ледниковыми осадками, образование которых связано с развитием Балтики.

Лужская стадия (Ш I_z)

Ледниковые отложения (gШ I_z)

Эти отложения распространены повсеместно. В приневской низине морена перекрыта водными образованиями осташковского горизонта и более молодыми отложениями современного возраста. В пределах низины она выходит на поверхность лишь на небольших площадях. Рельеф поверхности лужской морены в общих чертах повторяет рельеф поверхности дочетвертичных пород, осложненных ложбинами, впадинами, выступами.

В Приневской низине мощность морены изменяется от нескольких метров до 37 м в древней долине р. Невы, а в среднем колеблется от 16 до 20 м.

Литологический состав лужских ледниковых отложений неоднороден. Он изменяется от валунных суглинков до валунно-галечных отложений, с преобладанием валунных суглинков. Цвет морены обусловлен подстилающими отложениями, обычно от желто-бурого и коричневого до серого и зеленоватого. В толще морены встречаются также разномасштабные по мощности линзы и прослои песков разной крупности и гравийно-галечниковыми песками.

Озерно-ледниковые отложения

Балтийского ледникового озера (I_gШ_b)

Накопление этих осадков происходило в обширном бассейне, который образовался в период деградации ледника во впадины Балтийского моря и Ладожского озера.

Отложения Балтийского ледникового озера залегают большей частью на ледниковых лужского возраста, местами перекрываются современными озерно-морскими и техногенными отложениями. В пределах Приневской низины озерно-ледниковые балтийские образования заполняют понижения неровной поверхности подстилающих пород, образуя практически сплошной покров.

Мощность от 5 до 20 м, отложения представлены супесями и разномерными песками. В разрезе широко распространены ленточные глины.

Диатомовая флора позднеледниковых отложений Балтийского ледникового озера в целом характеризуется бедностью, как в количественном, так и в видовом отношении. Найдены остатки пресноводных рыб, ракообразных, обнаружены остатки растений.

Голоценовый надраздел

Современные послеледниковые отложения представлены в пределах рассматриваемой территории морскими и континентальными образованиями, в основном, связанными с развитием Балтики.

Морские и озерные отложения

Иольдиевого и Литоринового морей, Анцилового озера нерасчлененные (m, l IV)

Комплекс объединяет осадки, формировавшиеся в течение всех основных (или какой-то их части) послеледниковых стадий развития Балтики. Образования озерно-морского комплекса представлены супесями и суглинками серого и голубовато-серого цвета с прослоями хорошо разложившегося погребенного торфяника. В суглинках, на некоторых участках, наблюдается слоистость, линзы и прослой пылеватых песков. Мощность 7-11 м, местами выходят на поверхность.

Аллювиальные отложения (a IV)

Отложения развиты в долинах современных рек и ручьев и представлены русловыми и пойменными фациями. Они занимают небольшую площадь и вытянуты в виде узких полос вдоль русел, слагая пойму и надпойменную террасу. Они подстилаются озерно-ледниковыми отложениями Балтийского ледникового озера и озерно-ледниковыми и ледниковыми отложениями осташковского возраста. Мощность аллювиальных отложений невелика и составляет 2-3 м.

На р.Неве встречается, в основном, русловой аллювий и очень редко пойменный. Русловой аллювий сложен разнообразным материалом: от гравийно-галечниковых разностей до супесей и суглинков, мощностью до 2-3 м. Пойменный аллювий, слагающий высокую и низкую поймы, имеет разнообразный, преимущественно песчано-суглинистый.

Болотные отложения (b IV)

Отложения широко распространены в пределах изучаемой территории, повсеместно сложены торфом. Мощность торфа колеблется в широких пределах от 0,5 до 5,5 м и зависит от ряда факторов (возраста торфяников, условий развития болотной растительности, скорости торфонакопления и др.).

Техногенные образования (t IV)

Отложения распространены достаточно широко, но неравномерно по всей территории. Это обычно насыпные грунты, смесь отходов промышленного и строительного производства и бытовых отходов (свалки), шоссейные и железнодорожные насыпи, а также планомерно отсыпаемые и намывные грунты. Мощности их разнообразны от 1-2 до 7-8 м. Залегают они на озерно-морских отложениях голоцена и на озерно-ледниковых отложениях Балтийского ледникового озера плейстоцена.

1.7 Тектоника

Санкт-Петербург расположен на северо-западе Русской плиты, в пределах южного склона Балтийского щита и западной окраины Московской синеклизы. Тектоническое строение территории определяется структурой кристаллического фундамента и залеганием осадочного чехла.

На севере выделяются две складчатые области – Свекофенская и Карельская зоны архейской складчатости, осложненные нижнепротерозойскими тектоническими движениями. Большая часть города расположена в пределах Свекофенской складчатой системы, которая является областью чередования антиклинальных и синклиналиных складок разнообразных по составу пород. Это архейские гранито-гнейсы, нижнепротерозойские гнейсы синклиналей и приуроченные к антиклиналям граниты и мигматиты. Среди интрузивных пород выделяются граниты, граниты рапакиви и тела основного состава (Геология, 1975). Карельская система делится на два пояса – западный и восточный, Санкт-Петербург захватывает ее западный пояс.

В пределах города и области находятся две структуры первого порядка – это центральное поднятие Карельского перешейка и Восточно-Балтийская ступень, которая расположена к западу от центра перешейка и состоит из трех структур второго порядка. Санкт-Петербург приурочен к впадине Финского Залива – структура второго порядка. Структуры третьего порядка выделяются в нижнем течении р. Нева – Василеостровское, Кировское, Выборгское, Смольнинское поднятия. Участок изыскания расположен на Смольнинском поднятии.

Также достаточно широко развиты проявления гляциотектоники.

Все рассмотренные структуры разделяются различными тектоническими нарушениями. Из-за расположения в зоне сочленения двух крупных структур в пределах Санкт-Петербурга распространена сеть палеодолин, которая образовывалась в позднеэоценовое-раннечетвертичное время по разломам. Глубина вреза в вендские и нижнекембрийские коренные отложения от 30 до 90 м.

1.8 Геоморфология

Рельеф Санкт-Петербурга сложен по генезису, строению и возрасту. Самая высокая часть города расположена на юге и юго-западе – Дудергофские высоты (176 м), Пушкинские и Пулковские высоты (73 м). Рельеф связан как с геологическим строением региона, так и с событиями, происходящими в последние периоды развития.

Выделяют три основных этапа образования рельефа: 1) дочетвертичный; 2) четвертичный; 3) позднеледниковый.

Дочетвертичный этап развития охватывает весь кайнозой. Это время образования Ордовикского плато, Балтийско-Ладожского уступа и Предглинтовой низменности. В четвертичное время образовывался денудационно-аккумулятивный холмисто-рядовой рельеф возвышенности Карельского перешейка. В течение последнего этапа сформировался абразионно-аккумулятивный рельеф равнин Приневской низменности, в пределах которой насчитывается до 6 и более террас. Почти вся территория города находится на многочисленных ступенчатых террасах, только юго-запад располагается на Ордовикском плато. Поверхности террас слабо наклонены в сторону Невы и Финского залива, разделены абразионными уступами (Геология, 1975).

1.9 Полезные ископаемые.

Полезные ископаемые района в основном связаны с четвертичными отложениями – добывают пески, глину и торф. Строительные известняки и фосфориты приурочены к ордовикским отложениям.

Глинистое сырье, пригодное для изготовления кирпича и керамзита, в разные промежутки времени добывалось на 32 месторождениях. Это четвертичные отложения на Карельском перешейке и сиверская свита на Приневской низине. На данный момент балансом учитываются только 2 крупных месторождения – Кирпичный завод им. Свердлова и Красноборское.

В основании ордовикской толщи расположены залежи фосфоритов, добывающиеся в Красносельском месторождении. До 2005 г. разрабатывалось Обуховское месторождение торфа. Ордовикские строительные известняки добывались на Шунгоровском месторождении. Залежи песчано-гравийного материала в основной своей массе приурочены к южному склону Центральной возвышенности Карельского перешейка.

На территории расположено 17 месторождений строительных песков. Пять из них разрабатываются – Семиозерье-1, Семиозерье-2, Кузьмолдовское, Пугорево, Самарка; два в государственном резерве – Лондонская отмель и Сестрорецкое; 2 полностью отработаны – Шуваловское и Пески (Атлас, 2009).

Основные запасы подземных вод сосредоточены в Курортном районе. С конца шестидесятых годов на этой территории было разведано пять месторождений, на базе трех были созданы централизованные скважинные водозаборы. Месторождения в районе поселка Солнечное и Молодежное остаются практически неосвоенными. Сам город обеспечивается водой из р. Нева и только юго-западные города Ленинградской области как и Курортный район снабжаются подземными водами. Воды нижнекотлинского горизонта высокоминерализованные и не пригодны для питьевых целей, но являются лечебно-столовыми и разливаются рядом предприятий. Также воды нижнекотлинского горизонта используются для технического водоснабжения.

1.10 История геологического развития.

Так как Санкт-Петербург находится на стыке Балтийского щита и Московской синеклизы, его геологическая история тесно связана с развитием этих структур.

Балтийских щит начал образование в архее и к середине протерозоя был сформирован его чехол. Также встречаются области протерозойской аккреции. С верхнего протерозоя территория испытывает поднятие, происходит выветривание.

Северо-Запад русской плиты и в частности Московская синеклиза характеризуется большим количеством этапов развития, чем щит. В рифейское время формировались авлакогены, что сопровождалось магматизмом траппового и щелочного состава. Далее, начиная с венда, формирование отложений подчиняется трансгрессивно-регрессивной цикличности, накопление осадков происходило в прибрежных морских зонах эпиконтинентальных морей.

Венд характеризуется холодным климатом, глубинными условиями, которые сохранялись вплоть до среднего кембрия. Со среднего кембрия наблюдается регрессия, которая сменяется трансгрессией к концу нижнего ордовика. Далее господствовал теплый климат, о чем свидетельствуют многочисленные остатки фауны. Наблюдаются параллельные несогласия, что говорит о достаточно спокойной тектонике.

Более молодые палеозойские отложения, с ордовика и до неогена отсутствуют на изучаемой территории – поднятие, размыв и снос материала.

Четвертичная история развития намного богаче и сложнее, характеризуется несколькими периодами наступления и отступления ледникового покрова. Днепровское оледенение полностью покрывало территорию города, но его отложения по большей части уничтожены и сохранились лишь на больших глубинах в некоторых погребенных долинах, где залегают сразу на коренных породах. Следующее, Московское оледенение, на территории города сохранилось лучше, отложения достигают 40 м. Валдайское оледенение оставило холмисто-грядовой рельеф, камы и моренные равнины.

Постледниковое развитие территории связано с колебанием уровня Балтийского моря, отмечается 5 циклов трансгрессий.

2. Инженерно-геологические условия района

2.1 Основные инженерно-геологические типы пород, присутствующие в разрезе.

Геология города характеризуется двухэтажным строением. Первый этаж – кристаллические породы архей-протерозойского возраста залегают на глубине 180-240 м и не используются как среда размещения подземных сооружений или как основание фундамента.

Верхний этаж – отложения осадочного чехла, которые делятся на верхнюю и нижнюю толщи.

Нижняя толща представлена коренными породами. Это вендские верхнекотлинские глины, которые в южной и юго-восточной части города перекрываются пачкой глинистых песчаников нижнего кембрия (Ломоносовская свита) и нижнекембрийскими синими глинами (Сиверская свита). Мощность отложений варьирует от 12-20 до 95-126 м, что связано с наличием глубоких эрозионных врезов древней речной системы. Верхнекотлинская толща используется для проходки перегонных тоннелей и строительства подземных станций метро.

Верхняя толща состоит из нескольких генетических типов четвертичных отложений, выполняет палеодолины.

Техногенные отложения распространены на всей территории города. Это разнородные пески, нередко значительно загрязненные.

Болотные отложения до основания города залегают на поверхности, заболоченность территории составляла 75%. На островах дельты Невы преобладали болота низинного типа, которые характеризуются минимальными абсолютными отметками и высоким уровнем грунтовых вод и затапливаются при минимальном подъеме уровня реки. На более высоких абсолютных отметках свое распространение получили верховые болота. В процессе строительства болотные и торфяные отложения могли сниматься, засыпаться либо замываться, отсюда они оказались погребены под толщей техногенных образований. Болота оказывают негативное влияние на подстилающие грунты, генерируемые газы переводят их в неустойчивое состояние, повышают агрессивность вод. Негативное влияние болот прослеживается до глубины 30-50 м. (Особенности инженерно-геологических условий, 2011)

Современные озерно-морские песчано-глинистые литориновые отложения также находятся в верхней части разреза, в них обнаруживаются слои погребенных торфяников. Данные отложения легко переходят в пльвуны, имеют высокую биокоррозионную способность.

Озерно-ледниковые песчано-глинистые грунты развиты на всей территории Санкт-Петербурга, иногда залегают на поверхности и перекрываются только техногенными отложениями. При больших мощностях отложения имеют трехслойное строение – супеси, ленточные глины, суглинки. Из-за большой пылеватости грунты легко размокают и размываются, возможно развитие морозного пучения, а грунты средней части обладают тиксотропными свойствами.

На территории города выделяют три морены – Осташковская, Московская, Вологодская, они расчленены межморенными водноледниковыми, морскими и озерными отложениями. Моренные образования характеризуются большим разнообразием гранулометрического состава – это по большей части суглинки, меньше супеси и глины. Также встречаются линзы песков, включения валунов различных размеров.

2.2 Геодинамические условия района.

Эндогенные процессы связаны с расположением Санкт-Петербурга в зоне сопряжения Русской плиты и Балтийского щита. Фундамент разбит системой региональных тектонических разломов и сетью мелких разрывных нарушений, которые образуют в плане «разбитую тарелку». Фиксируются малоамплитудные перемещения блоков относительно друг друга, могут происходить слабые толчки магнитудой 2-3 единицы. Существует также радоноопасность.

Основные экзогенные процессы приурочены к преобразованию песчано-глинистых отложений при участии техногенных и биогенных факторов. Многочисленные погребенные торфы оказывают неблагоприятное влияние на вмещающие тощи. Создаются условия биохимической генерации метана, что и приводит к разуплотнению грунтов и создает опасность выбросов и возгораний. Таким же образом на грунты действует техногенное загрязнение. Из-за вышеописанных процессов возможно развитие неравномерных осадков (Атлас, 2009).

Также на территории развито развитие пльвунов, из-за дисперсности пород и их обводнения.

2.3 Гидрогеологические условия района.

Подземные воды территории приурочены к образованиям четвертичного и дочетвертичного возраста северо-западного крыла Ленинградского артезианского бассейна. Основные области питания – Ижорская и Лемболовская возвышенности, региональный базис дренирования – акватория Финского залива. Воды приурочены к песчаным прослоям четвертичных отложений, так и к отложениям осадочной толщи от венда до девона. Кристаллические породы фундамента содержат архейско-нижнепротерозойские воды (Атлас, 2009).

Рассмотрим основные водоносные горизонты на территории города.

Голоценовые воды развиты локально, приурочены к современным техногенным отложениям, торфам, аллювиальным, озерным и прибрежным отложениям Финского залива. Общая мощность от 2 до 15 м. Глубина залегания уровня вод от 0 до 5 м, в основном воды пресные, гидрокарбонатные, из-за близости к дневной поверхности не редко оказываются загрязнённые техногенными выбросами.

Значительные площади на территории города занимает ошашковский озерно-ледниковый надморенный слабоводоносный горизонт, представлен переслаивающимися песками, супесями и суглинками. Мощность от 2 до 25 м., уровень грунтовых вод обычно залегает на глубине до 2 м. Подземные воды безнапорные, но могут иметь местный напор, если перекрыты суглинками. Минерализация до 0.9 г/дм³

Вендский водоносный комплекс разделяется на следующие водоносные горизонты: котлинский водоносный, редкинский водоупорный, редкинский водоносный. На большей территории города развит котлинский водоносный горизонт, глубина залегания кровли 100-160 м, подземные воды напорные, химический состав неоднородный. Водовмещающие породы представлены прослоями песчаников до 2-7 м. В естественных условиях величина напора составляла около 140-160 метров, но из-за длительной эксплуатации в настоящее время напор снизился до 70-100 м. Так как минерализация вод не позволяет их использовать для питьевого водоснабжения, они эксплуатируются как технические и лечебные.

3. Характеристика инженерно-геологических условий участка изысканий на основе выполненных инженерно-геологических работ.

3.1 Местоположение проектируемого объекта

Участок проектируемого строительства расположен по адресу: г. Санкт-Петербург, Фрунзенский район, Лиговский пр., 271, литеры А (Рисунок 6). Участок производства работ находится на территории бывшего колбасного завода. Территория ограничена Боровой улицей с запада и Лиговским проспектом с востока. Объект находится практически в центре города – 5 км до Дворцовой площади, 6 км до Петропавловской крепости.



Рисунок 6. Местоположение проектируемого объекта. Google map, 1:20 000

На момент производства работ участок частично расчищен от разрушенных промышленных зданий и продолжается снос старых строений. Абсолютные отметки поверхности изменяются от 7,63 до 10,30 м (по устьям пройденных выработок в 2016 г.).

3.2 Компоновка и техническая характеристика сооружения

В соответствии с техническим заданием проектируется строительство жилого дома со встроенно-пристроенными помещениями и автостоянкой.

Высота жилого дома со встроенной частью автостоянки от поверхности земли до 36 м, количество этажей до 11, ширина 17 метров, длина 70 метров. Для пристраиваемой части автостоянки высота от поверхности 0 м (заглубленная), 1 этаж и ширина секций здания 30 м. План проектируемого объекта со схемой расположения выработок приведен в приложении 2.



Рисунок 7. Модель проектируемого объекта (Архитектура, 2018).

Согласно документации фундамент – свайное поле с ленточным ростверком. Свайное поле со сборными сваями вдавливания или буронабивные сваи уплотнения – уточняется в процессе проектирования. Предварительная расчетная нагрузка на сваю – 120 т для сборных свай вдавливания со стороной 400x400 мм. Глубина заложения ростверка от поверхности с учетом подготовки основания -4,000 м от поверхности.

3.3 Геолого-литологическое строение территории строительства.

В геологическом строении участка по данным бурения и статического зондирования до глубины 35,0 м согласно данным новых изысканий и изысканий прошлых лет принимают участие: современные техногенные образования, современные морские и озерные образования, верхнечетвертичные ледниковые отложения, вендские отложения котлинского горизонта.

Четвертичная система – Q

Современные отложения – Q IV

Техногенные образования – t IV

ИГЭ-1 – Насыпные грунты, слежавшиеся: пески разной крупности, темно-коричневые, перемешанные со строительным мусором (обломки кирпичей, бетона, древесины, керамики, металла, стекла) до 15-30 % и заторфованными грунтами. Срок отсыпки более 5 лет. Залегают повсеместно с поверхности и на глубинах 0,10 - 0,20 м (абс. отм. кровли 7,43 - 10,30 м), мощность составляет 2,10 - 4,90 м.

Морские и озерные отложения – m, l IV

ИГЭ-2 – пески крупные, средней плотности, неоднородные, коричневые, водонасыщенные, с растительными остатками и включениями гравия и гальки изверженных пород до 10-15%. Залегают на глубинах 2,40-4,40 м, мощность 0,40-2,60 м.

ИГЭ-3 – Пески гравелистые, плотные, коричневато-серые, неоднородные, водонасыщенные, с растительными остатками. Залегают на глубинах 2,30 - 4,30 м, мощность составляет 0,50 - 3,40 м.

ИГЭ-4 – Гравийные грунты с заполнителем до 40-45 %, представленным песками мелкими и средней крупности, водонасыщенными. Имеют локальное распространение. Залегают локально на глубине 3,80 м, мощность составляет 0,70 м.

ИГЭ-5 – Пески пылеватые, плотные, неоднородные, серые, водонасыщенные, с редкими растительными остатками, с редким гравием изверженных пород. Залегают на глубинах 3,00 - 7,50 м, мощность составляет 0,30 - 2,30 м.

ИГЭ-6 – Суглинки тяжелые пылеватые мягкопластичные, слоистые, тиксотропные, с прослоями текучепластичных, коричневато-серые, с прослоями песков пылеватых, водонасыщенных, с растительными остатками. Залегают на глубинах 5,40 - 7,10 м, мощность составляет 0,60 - 2,90 м.

ИГЭ-7 – Торфы сильноразложившиеся, темно-коричневые, водонасыщенные, с прослоями песков пылеватых, водонасыщенных. Залегают на глубинах 5,00 - 6,50 м, мощность составляет 0,20 - 0,70 м.

ИГЭ-7.1 – Слабозаторфованные глинистые грунты, темно-коричневые. Имеют ограниченное распространение. Залегают на глубинах 4,90 - 6,00 м, мощность составляет 0,30 - 0,60 м.

ИГЭ-8 – Супеси пылеватые пластичные, слоистые, коричневато-серые, с прослоями песков пылеватых водонасыщенных, с редким гравием. Имеют локальное распространение на глубине 6,40 м, мощность составляет 0,50 - 1,50 м.

Верхнечетвертичные отложения – Q III

Ледниковые отложения – g III

ИГЭ-9 – Супеси пылеватые пластичные ($IL < 0,5$), серые, с линзами суглинков тугопластичных и песков пылеватых, водонасыщенных, с включениями гравия и гальки

изверженных пород до 10-15 %, с единичными валунами. Залегают на глубинах 5,50 - 14,80 м, мощность составляет 0,60 - 6,00 м.

ИГЭ-10 – Супеси пылеватые пластичные ($IL > 0,5$), серовато-коричневые, с линзами и гнездами песков пылеватых, водонасыщенных, с включениями гравия и гальки изверженных пород до 10-20 %, с единичными валунами. Залегают на глубинах 5,50 - 13,30 м, мощность составляет 0,60 - 8,10 м.

ИГЭ-11 – Суглинки легкие пылеватые мягкопластичные, с линзами тугопластичных, серые, с линзами супесей пластичных, с линзами и гнездами песков пылеватых, водонасыщенных, с включениями гравия и гальки изверженных пород до 5 %. Залегают на глубинах 6,00 - 21,00 м, мощность составляет 1,40 - 11,30 м.

ИГЭ-12 – Суглинки легкие пылеватые тугопластичные, зеленовато-серые, с линзами супесей пластичных, с линзами и гнездами песков пылеватых, влажных, с включениями гравия и гальки изверженных пород, дресвы и щебня песчаников до 10-15 %, с единичными валунами. Залегают на глубинах 13,50 - 25,80 м, мощность составляет 0,50 - 5,70 м.

ИГЭ-12.1 – Пески пылеватые, плотные, неоднородные, коричневатые-серые, водонасыщенные. Имеют ограниченное распространение. Залегают локально на глубинах 17,00 - 19,00 м, мощность составляет 1,30 - 3,00 м.

ИГЭ-13 – Суглинки легкие пылеватые полутвердые, зеленовато-серые, с линзами супесей пластичных, с линзами и гнездами песков пылеватых, влажных, с включениями гравия и гальки изверженных пород, дресвы и щебня песчаников до 10-15 %, с единичными валунами. Залегают на глубинах 17,40 - 26,50 м, мощность составляет 0,50 - 7,60 м.

ИГЭ-13.1 – Галечниковые грунты изверженных пород, с суглинистым заполнителем до 20 %. Имеют локальное распространение. Залегают локально на глубинах 22,00 - 23,00 м, мощность составляет 1,00 - 1,70 м.

ИГЭ-14 – Супеси пылеватые твердые, с линзами пластичных, серые, с линзами и гнездами песков пылеватых, влажных, с включениями гравия и гальки изверженных пород, дресвы и щебня песчаников до 15-20 %, с единичными валунами. Залегают на глубинах 17,00 - 26,30 м, мощность составляет 0,90 - 7,80 м.

Вендские отложения котлинского горизонта Vkt₂

ИГЭ-15 – Глины легкие пылеватые твердые, дислоцированные, серовато-зеленые, с прослоями песков пылеватых, влажных, с обломками песчаников малопрочных. Залегают на глубинах 24,50 - 29,00 м, мощность составляет 3,00 - 8,50 м.

ИГЭ-16 – Глины легкие пылеватые твердые, слоистые, серовато-зеленые, с прослоями песков пылеватых, влажных и песчаников малопрочных. Залегают на глубинах 30,00 - 33,20 м, вскрытая мощность составляет 1,80 - 5,00 м.

3.4 Гидрогеологические условия

В верхней части разреза развиты безнапорные подземные воды, приуроченные к современным насыпным грунтам (ИГЭ-1), морским и озерным пескам разной крупности (ИГЭ-2, 3, 5) и гравийным грунтам (ИГЭ-4), торфам (ИГЭ-7), слабозаторфованным глинистым грунтам (ИГЭ-7.1), а также к прослоям песков в глинистых грунтах морского и озерного генезиса. В период проведения буровых работ (август - сентябрь 2016 г.) безнапорные подземные воды вскрыты на глубинах 0,90 - 2,30 м (абс. отм. 5,70 - 8,00 м). Данные уровни можно отнести к среднегодовым. При вскрытии песков пылеватых (ИГЭ-5) в нижней части толщи морских и озерных отложений отмечался местный напор в 5,00 м.

Питание подземных вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков. Разгрузка осуществляется в местную гидрографическую сеть – реку «Обводный канал», что определяет северное направление фильтрации подземных вод безнапорного водоносного горизонта (ИГЭ-1, 2, 3, 5, 4, 7, 7.1).

Максимальная многолетняя амплитуда колебания уровня подземных вод составляет 2,2 м (данные «Материалов отчетов о режиме подземных вод Ленинградского артезианского бассейна за 1987, 1990 г.» изд.1991 г).

В периоды дождей и интенсивного снеготаяния максимальные уровни подземных вод ожидаются на абсолютной отметке 8,20 м. В техногенных образованиях из-за низкой фильтрационной способности глинистых грунтов в верхней части разреза возможно появление верховодок, временный застой инфильтрационных вод. В связи с этим возможно частичное подтопление площадки изысканий, ниже отметки 8,20.

По содержанию агрессивной углекислоты безнапорные подземные воды среднеагрессивны к бетонам марок W4, W6 и слабоагрессивны к бетону марки W8. По содержанию сульфатов слабоагрессивны к бетону марки W4; по содержанию хлоридов среднеагрессивны к арматуре железобетонных конструкций при периодическом смачивании и неагрессивны при постоянном погружении. По отношению к свинцовой оболочке кабеля воды обладают средней коррозионной агрессивностью по водородному показателю и содержанию ионов железа, высокой коррозионной агрессивностью по содержанию органических веществ (Приложение 3).

Напорные подземные воды приурочены к верхнечетвертичным ледниковым пескам пылеватым (ИГЭ-12,1), вскрыты на глубинах 17,00-19,00 м (абс. отм. от -10,70 до -8,95). Пьезометрический уровень установился на глубинах 1,30-1,60 м (абс. отм. 6,45-7,10 м). Напор 15,40-17,40 м.

Верхним относительным водоупором являются суглинки мягкопластичные (ИГЭ-11) и тугопластичные (ИГЭ-12), нижний относительный водоупор – суглинки мягкопластичные (ИГЭ-11) и полутвердые (ИГЭ-13), супеси твердые (ИГЭ-14).

Напорные воды неагрессивны к бетонам марок W4, W6, W8 и к арматуре железобетонных конструкций (Приложение 3).

3.5 Свойства грунтов.

Для лабораторных работ отобрано 215 монолитов и 112 образцов нарушенного сложения (в том числе 7 образцов на коррозионные исследования).

Статическое зондирование проводилось с целью уточнения границ инженерно-геологических элементов, определения плотности сложения песков, приближенной оценки характеристик грунтов, выполнено в 25-ти точках (Таблица 2, Таблица 3). Испытания проводились до достижения максимального усилия вдавливания. Глубина зондирования составила 18,90 - 29,00 м. Общий метраж зондирования - 642,40 м.

Таблица 2. Несущая способность согласно результатам статического зондирования.

Глубина, м	Несущая способность, тс (т.с.з. 24)	Несущая способность, тс (т.с.з. 26)
4	60,41	79,35
5	50,43	63,39
6	28,34	30,16
7	31,53	46,94
8	46,31	46,31
9	45,11	33,29
10	30,95	36,44
11	31,95	39,99

12	33,62	43,59
13	39,93	47,32
14	47,10	50,31
15	59,03	52,39
16	99,33	57,43
17	121,97	63,06
18	153,96	79,50
19		101,67
20		127,84
21		159,55
22		193,19

Таблица 3. Результаты статического зондирования.

Номер ИГЭ-	Наименование грунта	Геолог. индекс	Удельное сопротивление грунта под конусом зонда, МПа			Удельное сопротивление грунта на участке боковой поверхности зонда, МПа
			от	до	среднее	среднее
2	Пески крупные, средней плотности	<i>m, l IV</i>	5,10	15,00	8,50	0,070
3	Пески гравелистые, плотные	<i>m, l IV</i>	Среднее >15,20			0,110
4	Гравийные грунты	<i>m, l IV</i>	Среднее >19,90			0,090
5	Пески пылеватые, плотные	<i>m, l IV</i>	7,10	19,00	11,10	0,120
6	Суглинки мягкопластичные, слоистые, тиксотропные	<i>m, l IV</i>	0,50	1,90	1,50	0,040
7	Торфы сильноразложившиеся	<i>m, l IV</i>	0,40	1,50	0,90	0,090
7.1	Слабозаторфованные глинистые грунты	<i>m, l IV</i>	1,20	2,00	1,60	0,100
9	Супеси пластичные ($IL < 0,5$), с гравием и галькой изверженных пород до 10-15 %	<i>g III</i>	1,20	2,10	1,60	0,050
10	Супеси пластичные ($IL > 0,5$), с гравием и галькой изверженных пород до 10-20 %	<i>g III</i>	0,80	1,30	1,00	0,020
11	Суглинки мягкопластичные, с гравием и галькой изверженных пород до 5 %	<i>g III</i>	0,80	2,10	1,40	0,035

12	Суглинки тугопластичные, с гравием и галькой изверженных пород, дресвой и щебнем песчаников до 10-15 %	<i>g III</i>	1,50	1,90	2,60	0,090
12.1	Пески пылеватые, плотные	<i>g III</i>	Среднее >20,40			0,390
13	Суглинки полутвердые, с гравием и галькой изверженных пород, дресвой и щебнем песчаников до 10-15 %	<i>g III</i>	4,10	8,90	6,60	0,320
13.1	Галечниковые грунты с суглинистым заполнителем до 20 %	<i>g III</i>	Среднее >12,80			0,350
14	Супеси твердые, с гравием и галькой изверженных пород, дресвой и щебнем песчаников до 15-20 %	<i>g III</i>	Среднее >12,00			0,400
15	Глины твердые, дислоцированные	<i>Vkt₂disl</i>	4,10	>12,00	13,30	0,530

Определения физико-механических свойств грунтов и гранулометрического состава проводились согласно действующим нормативным документам в лаборатории (Таблица 4).

Определение прочностных и деформационных характеристик грунтов производилось согласно ГОСТ 12248-2010. Определение прочностных характеристик грунтов произведено на образцах природного сложения без предварительного уплотнения (неконсолидировано-недренированный сдвиг). Определения деформационных характеристик проводились методом компрессионного сжатия.

Определение степени выраженности структурной связности проводилось согласно методическим указаниям П.О. Бойченко «Определение пределов пластичности и консистенции глинистых грунтов методом конуса».

Относительное содержание органических веществ определено по ГОСТ 23740-79. Виды и степень коррозионной агрессивности подземных вод и грунтов определялись согласно СП 28.13330.2012 и ГОСТ 9.602-2005 (Приложение 3, 4).

Статистическая обработка результатов лабораторных определений характеристик грунтов производилась в соответствии с ГОСТ 20522-2012.

Таблица 4. Таблица нормативных и расчетных физико-механических свойств грунтов

№ Элемента	Наименование грунтов	Геологический индекс	Плотность грунта, г/см ³			Кэф фици ент пористости	Естеств енная влажно сть, д.е.	Число пласти чности	Показ атель текуче сти	Прочностные характеристики						Модуль деформации, МПа кгс/см ²
										Угол внутреннего трения, [°]			Сцепление, МПа кгс/см ²			
			ρ_n	ρ_t	ρ_{II}	e	W_e	I_p	I_L/C_b	φ_n	φ_t	φ_I	C_n	C_t	C_{II}	E
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Насыпные грунты, слежавшиеся	<i>t IV</i>	В качестве основания не используются $R_0 = 0,8$ МПа (8 кгс/см ²)													
2	Пески крупные, средней плотности	<i>m, l IV</i>	2,04	2,02	2,04	0,600	водонасыщенные	-	-	38	35	38	$\frac{0,001}{0,01}$	$\frac{0,0007}{0,007}$	$\frac{0,001}{0,01}$	$\frac{40}{400}$
3	Пески гравелистые, плотные	<i>m, l IV</i>	2,11	2,09	2,11	0,500	водонасыщенные	-	-	40	36	40	$\frac{0,002}{0,02}$	$\frac{0,001}{0,01}$	$\frac{0,002}{0,02}$	$\frac{45}{450}$
4	Гравийные грунты	<i>m, l IV</i>	-				водонасыщенные	$R_0=0,50$ МПа (5,0 кгс/см ²)								
5	Пески пылеватые, плотные	<i>m, l IV</i>	2,07	2,05	2,07	0,550	водонасыщенные	-	-	33	30	33	$\frac{0,006}{0,06}$	$\frac{0,004}{0,4}$	$\frac{0,006}{0,06}$	$\frac{30}{300}$
6	Суглинки мягкопластичные, слоистые, тиксотропные	<i>m, l IV</i>	1,90	1,89	1,89	0,896	0,324	0,142	$\frac{0,67}{0,26}$	11	10	10	$\frac{0,015}{0,15}$	$\frac{0,014}{0,14}$	$\frac{0,014}{0,14}$	$\frac{5,5}{55}$
7	Торфы сильно-разложившиеся	<i>m, l IV</i>	-				2,205	В качестве основания не рекомендуются								$\frac{3,0}{30}$
7.1	Слабозаторфованные глинистые грунты	<i>m, l IV</i>	-				0,945	0,327	$\frac{0,97}{-}$	В качестве основания не рекомендуются						$\frac{3,0}{30}$
8	Супеси пластичные	<i>m, l IV</i>	2,12	2,10	2,12	0,511	0,177	0,065	$\frac{0,38}{0,24}$	27	25	27	$\frac{0,017}{0,17}$	$\frac{0,011}{0,11}$	$\frac{0,017}{0,17}$	$\frac{10}{100}$

9	Супеси пластичные (П<0,5), с гравием и галькой изверженных пород до 10-15 %	<i>g III</i>	2,21	2,19	2,20	0,379	0,133	0,052	$\frac{0,33}{0,09}$	15	14	15	$\frac{0,026}{0,26}$	$\frac{0,024}{0,24}$	$\frac{0,025}{0,25}$	$\frac{11}{110}$
10	Супеси пластичные (П>0,5), с гравием и галькой изверженных пород до 10-20 %	<i>g III</i>	2,27	2,26	2,27	0,320	0,117	0,040	$\frac{0,65}{0,41}$	15	14	14	$\frac{0,019}{0,19}$	$\frac{0,018}{0,18}$	$\frac{0,018}{0,18}$	$\frac{8}{80}$
11	Суглинки мягкопластичные, с гравием и галькой изверженных пород до 5 %	<i>g III</i>	2,04	2,04	2,04	0,648	0,234	0,098	$\frac{0,55}{0,31}$	10	9	9	$\frac{0,015}{0,15}$	$\frac{0,015}{0,15}$	$\frac{0,015}{0,15}$	$\frac{7}{70}$
12	Суглинки тугопластичные, с гравием и галькой изверженных пород, дресвой и щебнем песчаников до 10-15 %	<i>g III</i>	2,11	2,10	2,11	0,537	0,192	0,095	$\frac{0,35}{0,10}$	11	11	11	$\frac{0,030}{0,30}$	$\frac{0,027}{0,27}$	$\frac{0,028}{0,28}$	$\frac{10}{100}$
12.1	Пески пылеватые, плотные	<i>g III</i>	2,07	2,05	2,07	0,550	водонасыщенные	-	-	34	31	34	$\frac{0,006}{0,06}$	$\frac{0,004}{0,04}$	$\frac{0,006}{0,06}$	$\frac{33}{330}$
13	Суглинки полутвердые, с гравием и галькой изверженных пород, дресвой и щебнем песчаников до 10-15 %	<i>g III</i>	2,17	2,16	2,17	0,449	0,159	0,085	$\frac{0,11}{-0,12}$	24	21	24	$\frac{0,037}{0,37}$	$\frac{0,025}{0,25}$	$\frac{0,037}{0,37}$	$\frac{18}{180}$
13.1	Галечниковые грунты с суглинистым заполнителем до 20 %	<i>g III</i>	$R_0=0,450 \text{ МПа (4,5 кгс/см}^2\text{)}$													

14	Супеси твердые, с гравием и галькой изверженных пород, дресвой и щебнем песчаников до 15-20 %	<i>g III</i>	2,26	2,25	2,26	0,332	0,118	0,062	$\frac{-0,10}{-0,27}$	25	24	24	$\frac{0,092}{0,92}$	$\frac{0,089}{0,89}$	$\frac{0,090}{0,90}$	$\frac{28}{280}$
15	Глины твердые, дислоцированные	<i>Vkt₂</i> <i>disl</i>	2.12	2.11	2.11	0.539	0.188	0.151	$\frac{-0,21}{-0,27}$	15	14	14	$\frac{0,121}{1,21}$	$\frac{0,113}{1,13}$	$\frac{0,115}{1,15}$	$\frac{21}{210}$
16	Глины твердые	<i>Vkt₂</i>	2.15	2.14	2.14	0.484	0.167	0.129	$\frac{-0,42}{-0,27}$	17	16	16	$\frac{0,127}{1,27}$	$\frac{0,117}{1,17}$	$\frac{0,120}{1,20}$	$\frac{37}{370}$

Грунты неагрессивны к бетонам марок W4, W6, W8 и к арматуре в железобетонных конструкциях. По отношению к свинцовой оболочке кабеля обладают средней степенью коррозионной агрессивности по водородному показателю, содержанию органических веществ и нитрат-ионов. По отношению к алюминиевой оболочке кабеля грунты обладают средней степенью коррозионной агрессивности по водородному показателю и высокой степенью коррозионной агрессивности по содержанию хлор-ионов. Грунты обладают высокой степенью коррозионной агрессивности по отношению к конструкциям из углеродистой и низколегированной стали.

3.6 Специфические грунты.

Согласно СП 11-105-97, Часть III, к специфическим грунтам на исследованном участке относятся насыпные грунты (*ИГЭ-1*), органические (*ИГЭ-7*) и органоминеральные грунты (*ИГЭ-7.1*).

Насыпные грунты

Насыпные грунты, слежавшиеся (*ИГЭ-1*) представлены песками разной крупности, темно-коричневыми, перемешанными со строительным мусором (обломки кирпичей, бетона, древесины, керамики, металла, стекла) до 15-30 % и заторфованными грунтами, влажными и водонасыщенными. Срок отсыпки более 5 лет. Залегают повсеместно с поверхности и на глубинах 0,10 - 0,20 м (абс. отм. кровли 7,43 - 10,30 м), мощность составляет 2,10 - 4,90 м.

Насыпные грунты имеют неоднородный состав, обладают неоднородными свойствами по глубине и простираию. Рекомендуется их выемка и замена песчаной подсыпкой.

Органические грунты

К органическим грунтам относятся *торфы сильноразложившиеся*, темно-коричневые, водонасыщенные, с прослоями песков пылеватых, водонасыщенных (*ИГЭ-7*). Залегают на глубинах 5,00 - 6,50 м (абс. отм. кровли 1,80 - 4,25 м), мощность составляет 0,20 - 0,70 м. По характеру залегания торфы относятся к погребенным.

Органоминеральные грунты

К органоминеральным грунтам относятся *слабозаторфованные глинистые грунты*, темно-коричневые (*ИГЭ-7.1*). Имеют ограниченное распространение. Залегают в скв. №№19, 23-25, 191арх, 435арх, 438арх на глубинах 4,90 - 6,00 м (абс. отм. кровли 1,74 -

3,05 м), мощность составляет 0,30 - 0,60 м. По характеру залегания слабозаторфованные глинистые грунты относятся к погребенным.

4 Расчет свайного фундамента с учетом наличия биогенных отложений.

4.1 Негативное влияние биогенных отложений на инженерно-геологические условия.

Как уже отмечалось ранее, в главе 3.1 биогенные отложения в исторической части Санкт-Петербурга встречаются повсеместно. Органическое вещество распространено в верхней части разреза в болотных и литориновых образованиях, в озерно-ледниковых отложениях, межледниковых слоях. На площадке строительства биогенные отложения встречены в виде торфов и слабозаторфованных глинистых грунтов, которые относятся к литориновым образованиям Балтики. Органическое вещество представлено главным образом растительными осадками – клетчатка, зеленые водоросли, споро-пыльцевые зерна, коллоидальные сгустки.

В торфах и заторфованных отложениях генерируются различные органические компоненты, которые являются источником питания и основным энергетическим субстратом для микроорганизмов. Органические компоненты проникают в нижележащие породы с помощью нисходящего инфильтрационного и диффузионного потока, развиваются благоприятные условия для функционирования различных сообществ бактерий. Также, важным условиям активизации микробиоты служат утечки из канализации, которые доставляют в грунт массу питательных веществ.

В органогенных, органоминеральных породах и подстилающих их отложениях накапливается бактериальная масса, которая активно генерирует различные газы (CO_2 , CH_4 , N_2 , H_2S), из-за чего наблюдается снижение прочностных показателей – угол внутреннего трения стремится к нулю. То же наблюдается и в зонах снятых болот.

Защемление мельчайших пузырьков органогенных газов способствуют разуплотнению глинистых грунтов что приводит к снижению прочности, возрастает тиксотропность, наблюдается переход в квазипластичное состояние. Газонасыщенные глинистые грунты практически не уплотняются, так как в них снижено поровое давление. Песчаные отложения при газонасыщении переходят в плавунное состояние. Биохимическое газообразование пород приводит к изменению их напряженно-деформированного состояния, что может стать причиной деформаций различных конструкций.

И так, биогенные газы при отсутствии эманации или рассеивания могут привести к ухудшению показателей физико-механических свойств горных пород, снижению несущей способности, что должно учитываться при проектировании и реконструкции различных зданий.

Наличие органических включений предопределяет высокую гидрофильность заторфованных грунтов и в связи с этим повышенное содержание в них адсорбированной влаги. Для этих грунтов характерна низкая фильтрационная способность. Так, например, при содержании органики 0,2 % скорость фильтрации (по сравнению с чистыми песками) уменьшается в 10 раз, содержание органики 20 % делает пески практически водонепроницаемыми за счет явления кольматажа (заиливания) пор в песке органическими включениями и их набухания при увлажнении. В суглинках увеличение содержания органики ведет к снижению коэффициента фильтрации, а в глинах водопроницаемость возрастает.

Высокая пористость и водонасыщенность заторфованных грунтов, а также наличие органических включений в различных пропорциях и стадиях по степени разложения, особенности структурных связей и т.п. влияют на прочностные свойства грунтов. Особенностью заторфованных грунтов является их большая сжимаемость и медленное протекание осадок во времени. Сильнозаторфованные грунты при воздействии на них постоянной действующей нагрузки ведут себя аналогично торфу, и значительно деформируются, причем остаточные деформации составляют до 90 % общей осадки (Коновалов, 1980).

4.2 Особенности проектирования зданий при наличии в толще погребенных биогенных отложений.

Согласно (СП 24.13330, 2011) при расчете несущей способности свай вводятся силы отрицательного трения. Расчетные сопротивления грунта f_i для торфа, ила и сапропеля принимают минус 5 кПа.

Также предусмотренные различные нулевые и отрицательные значения расчетного сопротивления грунта, если в пределах длины погруженной части сваи залегают напластования торфа толщиной более 30 см и возможна планировка территории подсыпкой или иная ее загрузка.

При расчете несущей способности свай вводятся силы отрицательного либо нулевого трения только в пределах торфа и перекрывающих отложений, что не учитывает

измененные нижележащие толщи. Рассчитанные таким образом несущие способности свай получаются завышенными, в процессе эксплуатации возможны неравномерные осадки.

Во избежание подобных ситуаций рекомендуется ввести уточнение в значения расчетного сопротивления по боковой поверхности. Доказано, что для песчано-глинистых пород, которые залегают под захороненными болотами, наблюдается снижение сопротивления сдвигу, которое не зависит от глубины залегания. Отсюда рекомендуется использовать постоянное значение f для глинистых грунтов одного и того же генезиса, возраста и консистенции. Для песков величина угла трения снижается по результатам исследований их прочности при минимальных нормальных давлениях, обеспечивающих отсутствие уплотнения. В работе Захаровой Е.Г. (Захарова, 2006), на основании экспериментальных данных рекомендуется вводить изменения в расчетные сопротивления по боковой поверхности свай.

Согласно техническому заданию, предусмотрено заглубление фундамента на 4 м от поверхности, при этом в основании ростверка будут залежать торфы сильноразложившиеся и слабозаторфованные грунты (ИГЭ-7 и 7.1). При глубоком заложении свай влияние на несущую способность данные грунты будут оказывать несущественную, но негативные последствия присутствия в толще под зданием биогенных грунтов необходимо учитывать.

При этом оптимальным решением будет замена ИГЭ-7 и 7.1 на песчаную подушку из средне- и крупнозернистых песков, щебня, гравия, гравийно-песчаной смеси.

4.3 Расчет свайного фундамента.

Все расчеты проводились по разрезу 1-1 (Приложение 1). Длина здания $L=70$ м, ширина $B=17$ м. Нагрузка от 11 этажного здания из монолитного железобетона 16.5 т/м². Ростверк фундамента заглублен на величину $d=4$ м, мощность ростверка $h=1.0$ м. Инженерно-геологический разрез и план размещения здания. Параметры физических и механических свойств пород, прорезаемых скважинами 24 и 26, приведены в таблице. Согласно техническому заданию, расчетная нагрузка на сваю составляет 120 тонн.

Таблица 5. Свойства грунтов, прорезаемых сваями

Геол. индекс	ИГЭ -	описание породы	ρ , г/см ³	W, д. е.	e , б.р	I, б.р.	C, тс/м кв	ϕ , град	E, Мпа
m, I IV	2	Пески крупные, средней плотности	2,04	Водонасыщ.	0,6	-	0,1	38	40
m, I IV	3	Пески гравелистые, плотные	2,11	Водонасыщ.	0,5	-	0,2	40	45
m, I IV	5	Пески пылеватые, плотные	2,07	Водонасыщ.	0,55	-	0,6	33	30
m, I IV	6	Суглинки мягкопластичные, слоистые, тиксотропные	1,9	0,324	0,896	0,67	1,5	11	5,5
m, I IV	7	Торфы сильноразложившиеся*	-	2,205	-	-	-	-	3
m, I IV	7,1	Слаботорфованные глинистые грунты*	-	0,945	-	0,97	-	-	3
gIII	9	Супеси пластичные, с гравием и галькой изверженных пород до 10-15%	2,21	0,133	0,379	0,33	2,6	15	11
gIII	11	Суглинки мягкопластичные, с гравием и галькой изверженных пород до 5 %	2,04	0,234	0,643	0,55	1,5	10	7
gIII	12	суглинки тугопластичные, с гравием и галькой изверженных пород, дресвой и щебнем песчаников до 10-15%	2,11	0,192	0,537	0,35	3	11	10
gIII	12,1	Пески пылеватые, плотные	2,07	Водонасыщ.	0,55	-	0,6	34	33
gIII	13	суглинки полутвердые, с гравием и галькой изверженных пород, дресвой и щебнем песчаников до 10-15%	2,17	0,159	0,449	0,11	3,7	24	18
gIII	14	супеси твердые, с гравим и галькой изверженных пород, дресвой и щебнем песчаников до 15-20%	2,26	0,118	0,332	-0,1	9,2	25	28
Vkt2 disl	15	глины твердые, дислоцированные	2,12	0,188	0,539	-0,21	12,1	15	21

Vkt2	16	Глины твердые	2,15	0,167	0,484	-0,42	12,7	17	37
------	----	---------------	------	-------	-------	-------	------	----	----

*- для ИГЭ-7 и 7.1 в расчетах принимались нормативные значения плотности (1,06 и 1,6 соответственно).

4.3.1 Вариант заглубления свай до моренных отложений (ИГЭ-12)

Согласно п 12.2 ТСН (ТСН, 2004) в качестве несущего слоя свайного фундамента могут служить гляциальные пески разной крупности средней плотности и плотные, глинистые грунты (моренные, флювиогляциальные и кембрийские).

На участке моренные отложения до ИГЭ-12 представлены пластичными и мягкопластичными суглинками, которые в качестве основания использовать не рекомендуется.

I. Выбор типа свай, длины и размеров поперечного сечения.

Тип свай – висячая сборная свая вдавливания со стороной 400x400 мм. Для определения длины свай были построены расчетные схемы (Рисунок 8; Рисунок 9).

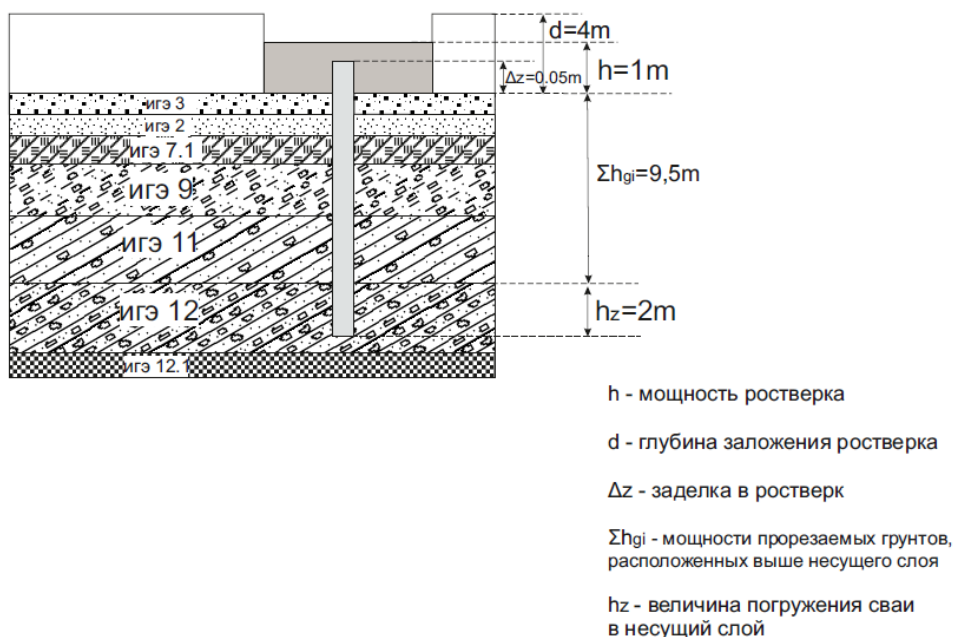


Рисунок 8. Расчетная схема скважины 24 для ИГЭ-12.

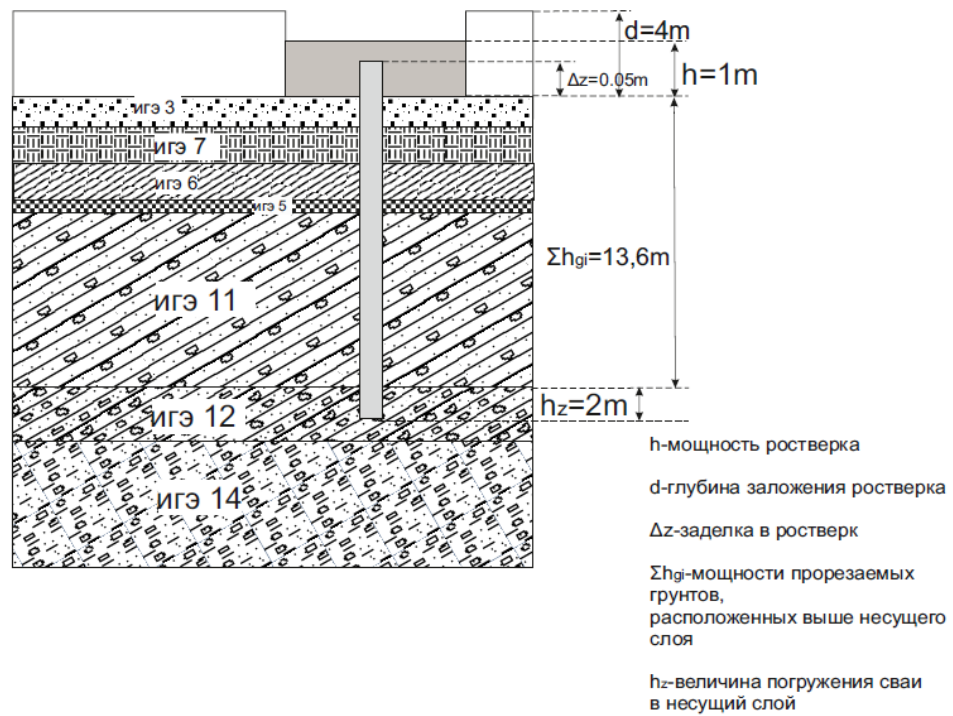


Рисунок 9. Расчетная схема скважины 26 для ИГЭ-12.

Расчетная длина сваи $L = \Delta z + \sum h_{gi} + h_z$

Для скважины 24 длина сваи составляет 11.55 метров, для 26 скважины – 15.65 метров.

II. Определение несущей способности висячей сваи в соответствии с СП 24.13330.2011

Несущую способность F_d (тс), висячей вдавливаемой сваи следует определять как сумму расчетных сопротивлений грунтов основания под нижним концом сваи и на ее боковой поверхности по формуле:

$$F_d = \gamma_c * (\gamma_{cR} * R * A + u * \sum (\gamma_{cf} * f_i * h_i))$$

Где: γ_c – коэффициент условий работы сваи в грунте, принимаемый равным 1

R – расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, тс/м² (принимается по таблице 7.1 (СП 24.13330, 2011))

A – площадь опирания сваи на грунт, м²

u – наружный периметр поперечного сечения ствола сваи

f_i – расчетное сопротивление i -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м (принимается по таблице 7.2 (СП 24.13330, 2011))

γ_{cR} , γ_{cf} – коэффициенты условий работы грунта соответственно под нижним концом сваи и на боковой поверхности сваи, учитывающие влияние способа погружения сваи на расчетные сопротивления грунта (принимаются по таблице 7.3 (СП 24.13330, 2011)).

Таблица 6. Данные для расчетов несущей способности.

скважина 24				скважина 26			
ИГЭ-	h_i	f_i , тс/м ²	γ_{cf}	ИГЭ-	h_i	f_i , тс/м ²	γ_{cf}
3	0,4	3,57	1,1	3	1,4	3,57	1,1
2	1	3,57	1,1	7	1,4	-0,51	1,1
7,1	0,6	-0,51	1	6	1,5	1,08	1
9	2	3,75	1	5	0,5	2,86	1,1
	1,3	4,21	1		11	2	2,17
11	1,2	2,19	1	2		2,28	1
	2	2,27	1	2		2,34	1
	1	2,32	1	2		2,38	1
12	2	4,1	1	12	0,8	2,41	1
					1,2	4,46	1

Таблица 7. Значения несущей способности.

	γ_c	R , тс/м ²	A , м ²	u , м	F_d , тс
24 скв	1	316	0,16	1,6	108
26 скв	1	356	0,16	1,6	110

Несущая способность свай для скважины 24 и 26 меньше, чем проектируемая нагрузка на сваи. Дальнейшие расчеты не имеют смысла, ИГЭ-12 в качестве основания использовать не рекомендуется.

По данным статического зондирования (Таблица 2), несущая способность на глубине 12 (т.с.з. 24) и 16 (т.с.з. 26) метров 33 и 57 тс соответственно.

4.3.2 Вариант заглубления свай в вендские глины (ИГЭ-16).

I. Выбор типа свай, длины и размеров поперечного сечения.

Согласно п. 12.2 (ТСН, 2004), дислоцированные глины (ИГЭ-15) не рекомендуется использовать в качестве основания. ИГЭ-15 возможно использовать в качестве несущего слоя только после дополнительных испытаний и исследований, которые при изысканиях не выполнялись.

Проведем расчеты свайного фундамента при заглублении свай до коренных отложений (ИГЭ-16). Для определения длины свай были построены расчетные схемы для скважин 24 и 26 (Рисунок 10; Рисунок 11).

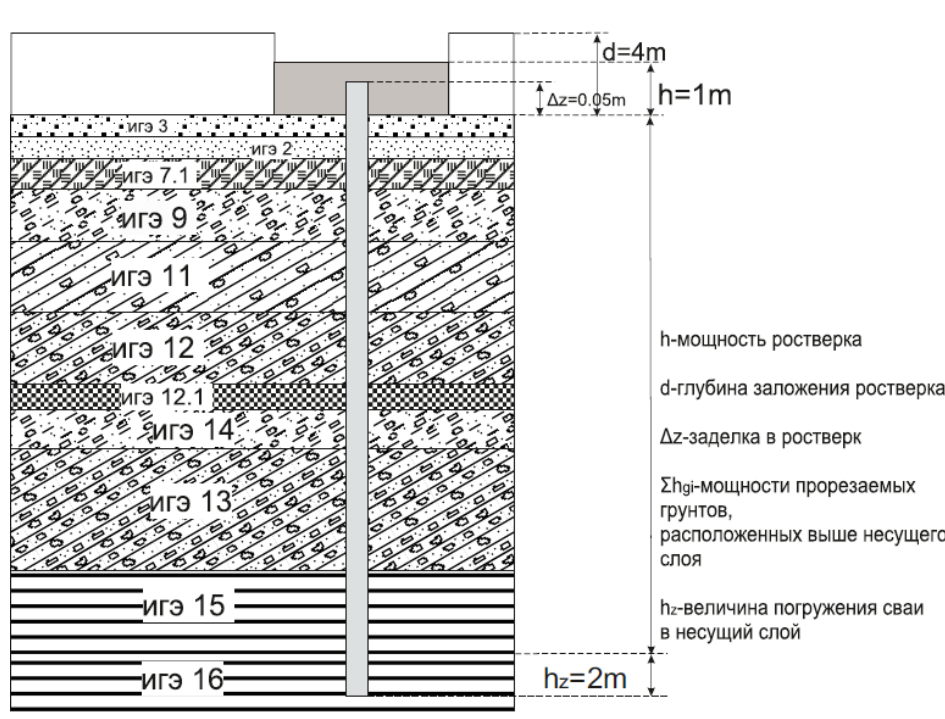


Рисунок 10. Расчетная схема 24 скважины для ИГЭ-16.

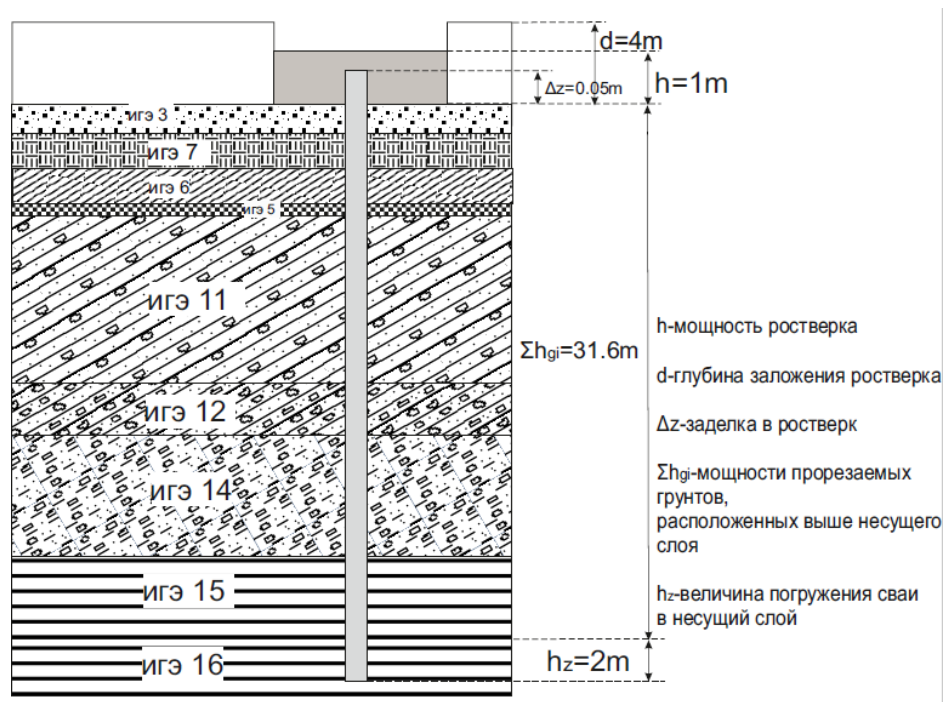


Рисунок 11. Расчетная схема 26 скважины для ИГЭ-16.

Расчетная длина свай $L = \Delta z + \sum h_{gi} + h_z$

- $L = 0,05m + 28,6m + 2m = 30,65m$

Так как бурение производилось до 35 метров, сваи должны быть до 30 м длиной. Мощность слоев до несущего слоя 28.6 м, погружение в несущий слой должно быть минимум 2 метра. Таким образом, не хватает глубины бурения для опоры свай на ИГЭ-16.

II. *Определение несущей способности свай в соответствии с СП 24.13330.2011*

Таблица 8. Данные для расчета несущей способности.

Скважина 24				Скважина 26			
ИГЭ-	hi	fi, тс/м ²	γ_{cf}	ИГЭ-	hi	fi, тс/м ²	γ_{cf}
3	0,4	3,57	1,1	3	1,4	3,57	1,1
2	1	3,57	1,1	7	1,4	-0,51	1,1
7,1	0,6	-0,51	1	6	1,5	1,08	1
9	2	3,75	1	5	0,5	2,86	1,1
	1,3	4,21	1		2	2,17	1
11	1,2	2,19	1	11	2	2,28	1
	2	2,27	1		2	2,34	1
	1	2,32	1		2	2,38	1

12	1,5	4,10	1		0,8	2,41	1
	2	4,26	1		1,1	4,46	1
12,1	1,3	3,76	1,1	12	1,1	4,56	1
14	1,7	8,45	1	14	2	8,74	1
13	2	8,77	1		2	9,07	1
	2	9,10	1		2	9,40	1
	2	9,43	1		1,8	9,71	1
15	1,6	9,72	1	15	1	9,94	1
	2	10,02	1		2	10,19	1
	2	10,35	1		2	10,51	1
16	1	10,60	1	16	2	10,84	1
	2	10,84	1				

Таблица 9.

γ_c	R, тс/м ²	A, м ²	u, м	γ_{cr}
1	371,382	0,16	1,6	1

Несущая способность (Fd) для 24 скважины – 388 тс, для 26 скважины – 352 тс.

В данных инженерно-геологических условиях отрицательное трение, вызванное торфом и заторфованным грунтом не оказывает большого влияния на несущую способность.

III. Определение количества свай, необходимое под каждую несущую ленту.

$$n = \frac{N}{F_d} + 2$$

N – нагрузка на ленту шириной 2 м, $N = 33 * 2 * 17 = 1122$ тс

n – количество свай

Таблица 10. Расчет количества свай.

	24 скв.	26 скв.
N тс	1122	1122
Fd тс/м ²	378	352

n	5	5
---	---	---

IV. Размещение свай в плане

Следует разместить сваи таким образом, чтобы расстояние между ними было $0.3-0.8d$, расстояние от сваи до края ленты – $0,5d$, где d – диаметр сваи.

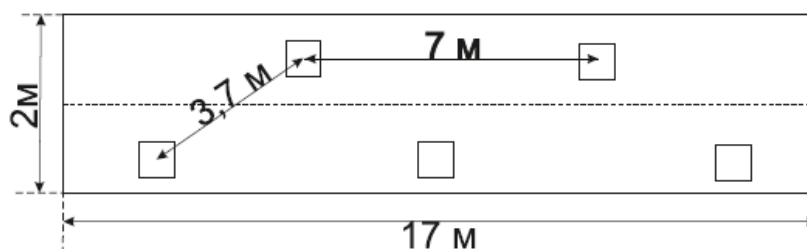


Рисунок 12. Схема размещения свай.

V. Расчет давления под сконструированным свайным фундаментом.

Расчетная схема представляет собой поперечный разрез свайного фундамента.

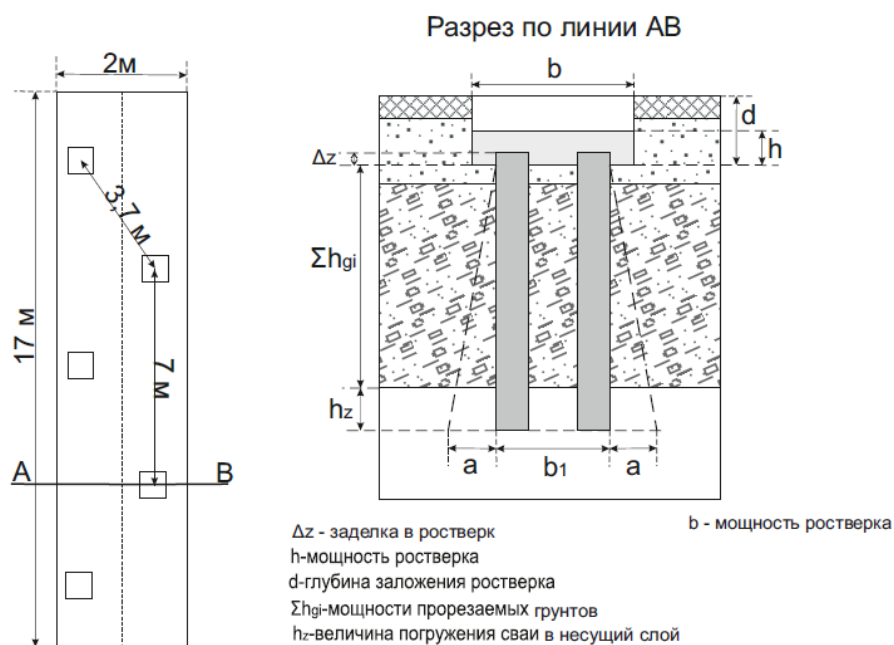


Рисунок 13. Расчетная схема

Так как свайный фундамент влияет на большую площадь, чем b_1 , рассчитывается площадь условного фундамента (F_y).

$$F_y = (b_1 + 2a) * (1 + 2a)$$

$$a = \left(\sum h_{gi} + h_z \right) * tg \frac{\varphi}{4}$$

φ – угол внутреннего трения, средневзвешенный по мощности пород, соприкасающихся с боковой поверхностью свай.

Таблица 11. Расчет площади условного фундамента.

	24 скв	26 скв
ϕ , град	17,9	16,5
a	2,1	1,8
b_1 , м	1,6	1,6
F_y , м ²	31,0	24,6

Давление по подошве условного фундамента рассчитывается по следующей формуле:

$$P_{II} = \frac{N_{OII} + N_{GII} + N_{PII} + N_{SII}}{F_y}$$

N_{OII} – нагрузка по обрезу фундамента, (тс);

N_{GII} – нагрузка, создаваемая ростверком, (тс);

N_{PII} – нагрузка, создаваемая сваями, (тс);

N_{SII} – нагрузка, создаваемая грунтом между сваями, (тс).

Для расчета каждой нагрузки были приняты следующие значения плотности: плотность железобетонного ростверка – 2,4 т/м³, плотность бетона свай – 2,3 т/м³, плотность грунта между сваями принимается как средневзвешенная по мощности.

Таблица 12. Расчет давления по подошве условного фундамента.

	скв. 24	скв. 26
N_{OII} , тс	33,0	33,0
N_{GII} , тс	81,6	81,6
N_{PII} , тс	56,4	56,4
N_{SII} , тс	2296	1991,2
P_{II} , тс/м ²	78,6	87,9

VI. Оценка расчетного сопротивления несущего слоя и сопоставление его с давлением по подошве фундамента.

Расчетное сопротивление грунта определялось в соответствии с СП 22.13330.2011 $R=1075 \text{ тс/м}^2$. Из-за существенной глубины заложения конца сваи расчетное сопротивление грунтов основания много больше, чем давление по подошве условного фундамента.

VII. Расчет осадки фундамента.

Расчет осадки проводится для куста свай по СП 24.13330.2011. Ввиду симметричного расположения свай, значения осадки для 1 равно значению для 5, 2=4, а свая 3 имеет индивидуальное значение.

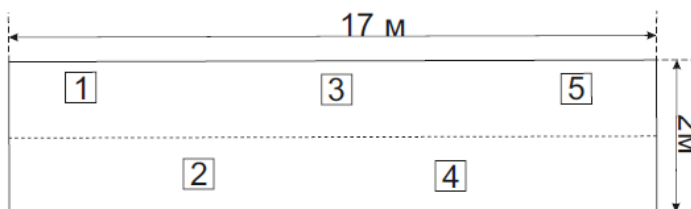


Рисунок 14

На каждую сваю ленты приходится нагрузка $N=1122 \text{ тс} / 5=224,4 \text{ тс} = 2,2 \text{ МН}$

G_1 - модуль сдвига грунтов, прорезаемых сваями (МПа). Принимается как среднее для всех слоев.

G_2 – модуль сдвига грунта, на который опираются сваи (МПа). Согласно СП модуль сдвига для каждого слоя допускается принимать как $0.4E$.

ν_1, ν_2 – коэффициенты Пуассона для грунтов прорезаемых сваями и для грунта, на который сваи опираются.

Расчет осадки одиночной висячей сваи без уширения пяты при условии $l/d > G_1l/G_{2d} > 1$ производится по формуле:

$$s = \beta \frac{N}{G_1 l}$$

N – вертикальная нагрузка, передаваемая на сваю, МН;

$$\beta = \frac{\beta'}{\lambda_1} + \frac{1 - (\frac{\beta'}{\alpha'})}{\square}$$

$\beta' = 0.17 \ln(\frac{k_v G_1 l}{G_2 d})$ – коэффициент, соответствующий абсолютно жесткой свае

$\alpha' = 0.17 \ln(\frac{k_v l}{d})$ – тот же коэффициент для случая однородного основания с характеристиками G_1 и v_1 ;

k_v допускается принимать равным 2.0;

$\square = EA/G_1 l^2$ – относительная жесткость сваи;

EA – жесткость сваи на сжатие, МН (29420 МН по СП 63.13330.2012);

$\lambda_1 = \frac{2,12 \square^{3/4}}{1+2,12 \square^{3/4}}$ – параметр, характеризующий увеличение осадки за счет сжатия ствола;

l – длина сваи (31,65 м);

$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$ – расчетный диаметр сваи (0.22 м)

Таблица 13. Расчет осадки одиночной сваи.

	G1, МПа	G2, МПа	β'	α'	χ	λ'	β	s,м
24 скважина	6,9	14,8	0,83	0,96	4,26	0,86	1,00	0,010
26 скважина	7,0	14,8	0,83	0,96	4,22	0,86	1,00	0,010

При расчете осадок группы свай необходимо учитывать их взаимное влияние. Дополнительная осадка сваи, находящейся на расстоянии a (расстояние измеряется между осями свай) от сваи, к которой приложена нагрузка N , равна

$$s_{ad} = \delta \frac{N}{G_1 * l}$$

где

$$\delta = \begin{cases} 0,17 \ln \frac{k_v G_1 l}{2 G_2 a} & \text{если } \frac{k_v G_1 l}{2 G_2 a} > 1 \\ 0 & \text{если } \frac{k_v G_1 l}{2 G_2 a} \leq 1 \end{cases}$$

Таблица 14. Дополнительная осадка свай для скважины 24.

свая 1=5	№сваи	N, МН	а, м	$k_v \cdot G_1 \cdot l / (2 \cdot G_2 \cdot a)$	условие	δ	$S_{ад}, М$
	2	2,2	3,7	3,98	больше 1	0,235	0,0024
	3	2,2	7	2,11		0,127	0,0013
	4	2,2	10,5	1,40		0,058	0,0006
	5	2,2	14	1,05		0,009	0,0001
						сумма	0,004

свая 2=4	№сваи	N, МН	а, м	$k_v \cdot G_1 \cdot l / (2 \cdot G_2 \cdot a)$	условие	δ	$S_{ад}, М$
	1	2,2	3,7	3,98	больше 1	0,235	0,0024
	3	2,2	3,7	3,98		0,235	0,0024
	4	2,2	7	2,11		0,127	0,0013
	5	2,2	10,5	1,40		0,058	0,0006
						сумма	0,007

свая 3	№сваи	N, МН	а, м	$k_v \cdot G_1 \cdot l / (2 \cdot G_2 \cdot a)$	условие	δ	$S_{ад}, М$
	1	2,2	7	2,11	больше 1	0,127	0,0013
	2	2,2	3,7	3,98		0,235	0,0024
	4	2,2	3,7	3,98		0,235	0,0024
	5	2,2	7	2,11		0,127	0,0013
						сумма	0,007

Таблица 15. Дополнительная осадка свай для скважины 26.

свая 1=5	№сваи	N, МН	а, м	$k_v \cdot G_1 \cdot l / (2 \cdot G_2 \cdot a)$	условие	δ	$S_{ад}, М$
	2	2,2	3,7	4,02	больше 1	0,237	0,002
	3	2,2	7	2,13		0,128	0,001

	4	2,2	10,5	1,42		0,059	0,001
	5	2,2	14	1,06		0,010	0,0001
						сумма	0,004

свая 2=4	№сваи	N, МН	а, м	$kv \cdot G1 \cdot l / (2 \cdot G2 \cdot a)$	условие	δ	$S_{ad}, \text{ м}$
	1	2,2	2,7	5,51	больше 1	0,290	0,003
	3	2,2	3,7	4,02		0,237	0,002
	4	2,2	7	2,13		0,128	0,001
	5	2,2	10,5	1,42		0,059	0,001
						сумма	0,007

свая 3	№сваи	N, МН	а, м	$kv \cdot G1 \cdot l / (2 \cdot G2 \cdot a)$	условие	δ	$S_{ad}, \text{ м}$
	1	2,2	7	2,13	больше 1	0,128	0,0013
	2	2,2	3,7	4,02		0,237	0,0024
	4	2,2	3,7	4,02		0,237	0,0024
	5	2,2	7	2,13		0,128	0,0013
						сумма	0,007

Расчет осадки i -й сваи в группе из n свай производится по формуле:

$$s_i = s + \sum S_{ad}$$

Таблица 16. Рассчитанная осадка.

		свая		
		1=5	2=4	3
$S_i, \text{ см}$	24 скважина	1,4	1,7	1,7
	26 скважина	1,4	1,7	1,7

Согласно таблице Д1 приложения Д (СП 22.13330, 2011), максимальная допустимая осадка для производственных и гражданских одноэтажных и многоэтажных зданий с полным железобетонным каркасом составляет 10 см. Рассчитанные значения осадки не превышают этой величины.

Рассчитанные осадка и несущая способность свай позволяют использовать ИГЭ-16 в качестве основания фундамента. Но, согласно п 5.5 (СП 24.13330, 2011), бурение должно быть произведено на 5 метров ниже глубины заложения фундамента. Расчетная длина свай 30,65 м., бурение производилось до 40 м. Отсюда следует, что глубины выработок не хватает.

По результатам статического зондирования (Таблица 2), сваи набирают нагрузку на глубине около 20 метров, что не противоречит расчетам в данной работе.

Необходимо отметить, что в период проведения буровых работ безнапорные подземные воды вскрыты на глубинах 0,90 - 2,30 м (абс. отм. 5,70 - 8,00 м). Данные уровни можно отнести к среднегодовым. При вскрытии песков пылеватых в нижней части толщи морских и озерных отложений отмечался местный напор в 5,00 м.

Однако при реализации данного варианта строительства необходимо учитывать, что устраиваемый котлован будет затоплен грунтовыми водами, приуроченными к ИГЭ-1, 2, 3, 5, 4, 7, 7.1, поэтому необходимо предусмотреть защиту от данного явления.

Наиболее подходящим способом защиты является устройство шпунтового ограждения до начала проходки котлована, по периметру, ограждающему место его расположения. Так как первым водупором, залегающим от поверхности, является ИГЭ-11, то рекомендуется заглублять шпунт именно в этот ИГЭ. Глубина заглубления в этом случае составит более 12 м. В данных условиях может быть рекомендован шпунт Ларсена, так как он позволяет создать в грунте монолитную водонепроницаемую стену.

При выполненных объемах изысканий при проектировании заглубления свай размером 400x400 мм – какие предусмотрены техническим заданием, при использовании ИГЭ-16 в качестве несущего слоя не хватает глубины выработок, требуются дополнительные работы.

В данном случае рекомендованы сваи большего диаметра, с расчетом технико-экономических показателей затрат либо на проведение дополнительных работ с устройством глубоких свай, но меньшего диаметра, либо свай большего диаметра, но с заглублением до моренных отложений и меньшей длины.

Заключение

В работе выполнен анализ инженерно-геологических условий ЖК «Лиговский сити».

Проведена оценка площадки строительства с учетом наличия в разрезе погребенных биогенных отложений.

В процессе работы был рассчитан свайный фундамент для одного из проектируемых корпусов. При расчете фундамента было рассмотрено 2 варианта заглубления свай, один из которых (опирание свай на моренные грунты) оказался неприменим в данных инженерно-геологических условиях в связи с низкой несущей способностью грунтов в верхней части разреза. Второй вариант устройства фундамента с опиранием на коренные отложения по расчетам может быть реализован на участке строительства.

В связи с тем, что расчет по различным данным (нормативным и статического зондирования) показал сильно различающиеся результаты, может быть рекомендовано дополнительное испытание грунтов натурной сваей для получения наиболее точных данных о грунтах, слагающих изучаемый участок.

В ходе работы была изучена литература о районе исследований, нормативная документация и отчет о проведенных инженерно-геологических изысканиях.

Список литературы

Монографии:

1. Геологический атлас Санкт-Петербурга, СПб, 2009 г. - 57 с.
2. Геология СССР том 1, под редакцией А.В.Сидоренко, Москва, Недра, 1971 г – 504 с.
3. Вержбицкая Е. Г. Особенности оценки инженерно-геологических условий для проектирования и строительства зданий и сооружений при наличии в разрезе погребенных болотных отложений (на примере Санкт-Петербурга) // Грунтоведение. – 2016. – № 1. – С. 34-37.
4. Дашко Р.Э, Власов Д.Ю., Шидловская А.В., Геотехника и подземная микробиота, Санкт-Петербург, Геореконструкция, 2014 г – 269 с.
5. Дашко Р.Э., Александрова О.Ю., Котюков П.В., Шидловская А.В. Особенности инженерно-геологических условий Санкт-Петербурга, Санкт-Петербург: Геореконструкция, 2011 г, № 13, с. 25-71
6. Захарова Е. Г. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. *Влияние погребенных болот на формирование инженерно-геологических и геоэкологических условий в подземном пространстве Санкт-Петербурга.* Санкт-Петербург : 2006 г. – 22 с.
7. Коновалов П. А. *Устройство фундаментов на заторфованных грунтах.* Москва : Стройиздат, 1980 г. – 162 с.
8. Смирнов Л.К. *ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ по результатам инженерно-геологических изысканий для подготовки проектной документации на объекте: "Многоквартирный жилой дом со встроенно-пристроенными помещениями, встроенными объектами образования и просвещения и встроенно-пристроенной подземной автостоянкой" по адресу: г.Санкт-Петербург, Фрунзенский район, Лиговский пр., 271, литеры А, Санкт-Петербург, 2016, 23 с*

Ресурсы сети Интернет:

9. Галерея: Архитектура. Сайт жилого комплекса «Лиговский Сити» <http://ligovka271.ru>.
10. Максимальные, минимальные и средние температуры воздуха в Санкт-Петербурге по месяцам. *Погода и климат.* <http://www.pogodaiklimat.ru>.

11. Обводный канал. *Информационный портал Санкт-Петербурга.*
<http://www.spbin.ru>.

12. Фрунзенский район. *Официальный сайт администрации Санкт-Петербурга.*
<https://www.gov.spb.ru>.

Нормативные документы:

13. СП 22.13330.2011. *Основания зданий и сооружений.* Москва, 2011 г.

14. СП 24.13330.2011. *Свайные фундаменты.* Москва, 2011 г.

15. СП 63.13330.2012. *Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.* Москва, 2013 г.

16. ТСН 50-302-2004. *Проектирование фундаментов зданий и сооружений в Санкт-Петербурге.* Санкт-Петербург : Правительство Санкт-Петербурга, 2004 г.

Приложения.

Приложение 1. Инженерно-геологический разрез 1-1

Приложение 2. Схема расположения выработок.

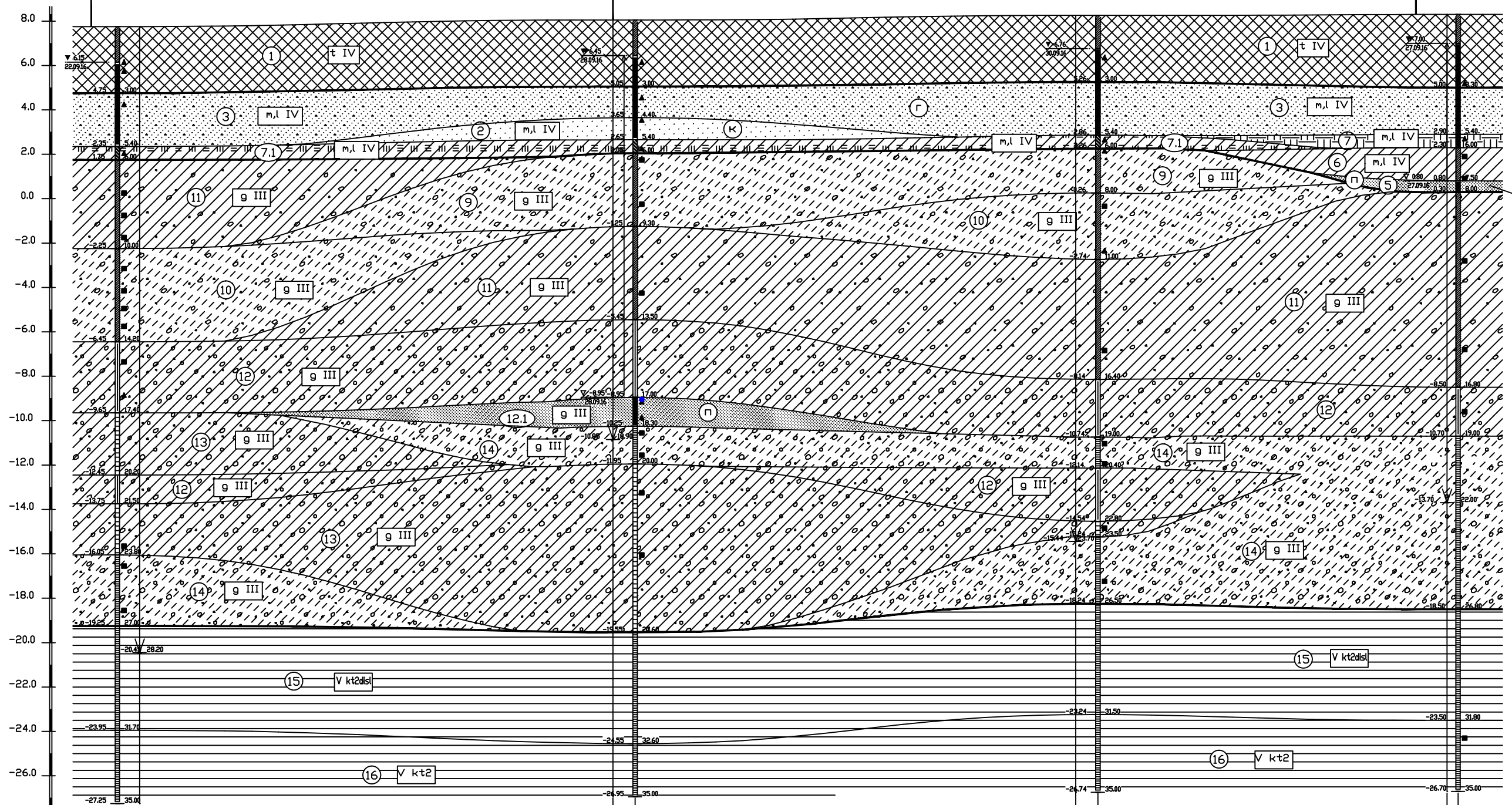
Приложение 3. Химический состав и коррозионная агрессивность подземных вод.

Приложение 4. Химический состав водной вытяжки и коррозионная агрессивность грунтов.

разрез I-I

Проектируемое сооружение - Подземная автостоянка

Проектируемое сооружение - Жилой дом



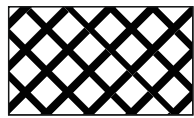
Масштабы:
гориз. 1:200
верт. 1:100

Номер скважины	скв.23 т.с.э.23	т.с.э.24 скв.24	т.с.э.25 скв.25	т.с.э.26 скв.26
Отметка устья, м	7.75 7.75	8.05 8.05	8.26 8.26	8.30 8.30
Глубина, м	35.00 28.20	18.90 35.00	23.70 35.00	22.00 35.00
Расстояние, м	2.00	42.50	2.00 39.50	2.00 31.50
Дата проходки	22.09.16 24.09.16	30.09.16 28.09.16	30.09.16 30.09.16	24.09.16 27.09.16

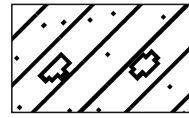
Имя и должность
Подп. и дата
Взам. инв. №
Составлено

Шифр: 232-16/Арх. N: 13218/ЛН: 13218-3				
Инженерно-геологические изыскания для подготовки проектной документации на объекте: Многоквартирный жилой дом со встроенно-пристроенными помещениями, встроенными объектами образования и просвещения и встроенно-пристроенной подземной автостоянкой по адресу: г. Санкт-Петербург, Фрунзенский район, Лыжников пр., 27А, литеры А				
Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.
Неотделен				
Гл. инж.				
Инженерно-геологические разрезы	Статус	Лист	Листов	
	П	1	13	
Разраб.	М 1:200/100			
Проверил	ЗАО "ЛЕНТИСИЗ"			
				171

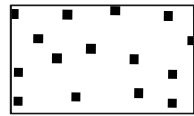
Условные обозначения к разрезу 1-1



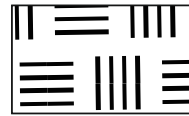
Насыпные грунты, слежавшиеся



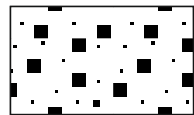
Суглинки с гравем и галькой



Пески крупные



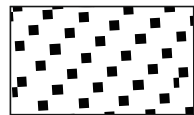
Торфы



Пески гравелистые



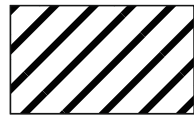
Слабозаторфованные глинистые грунты



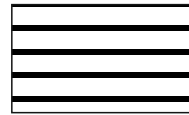
Пески пылеватые



Супеси с гравием и галькой



Суглинки

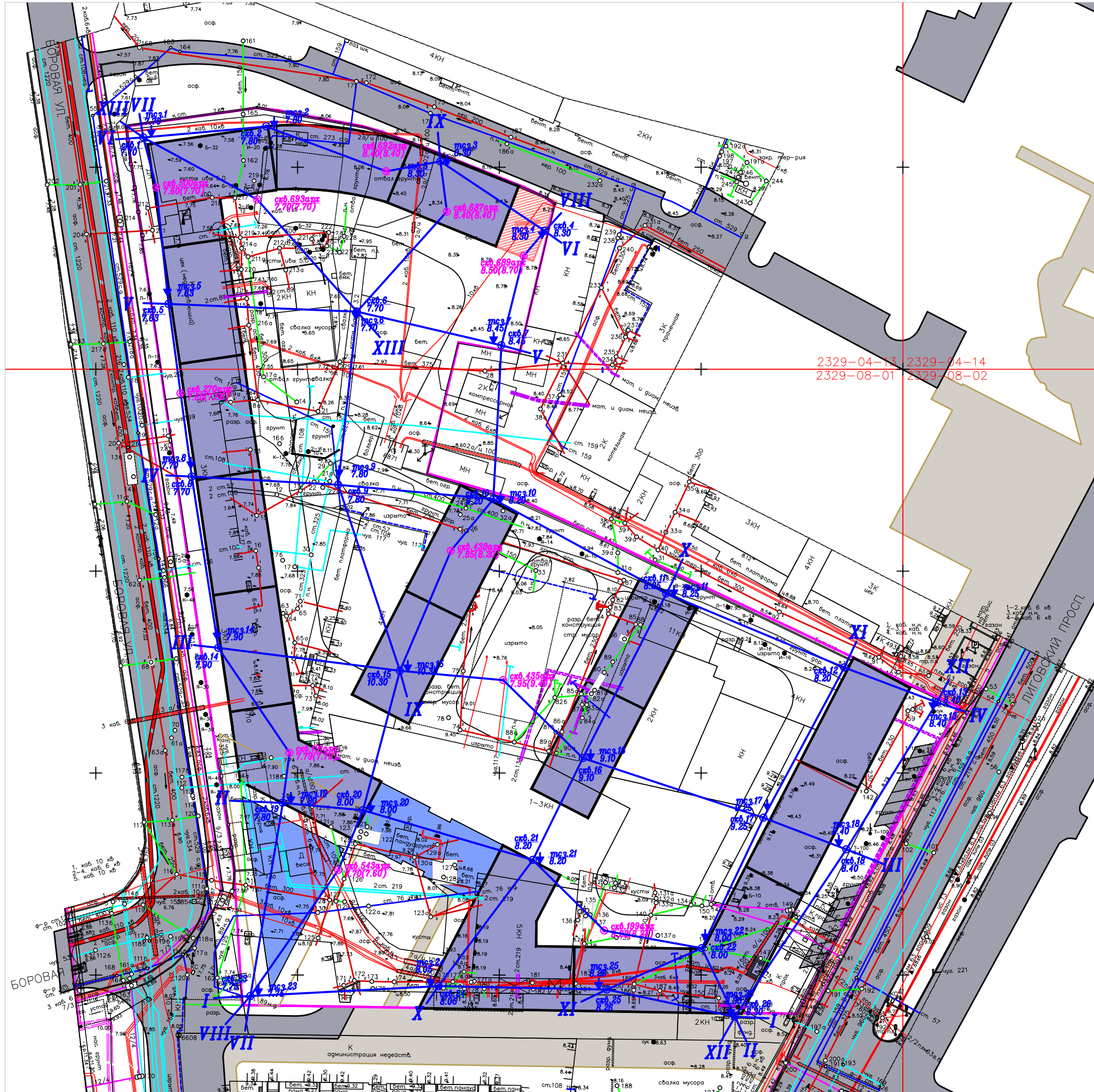


Глины



Номер инженерно-геологического элемента

СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ВЫРАБОТОК
Масштаб 1:500



2329-04-13 2329-04-14
2329-08-01 2329-08-02

Условные обозначения

- Архивная инженерно-геологическая выработка, ее номер
Абсолютная отметка устья, м
- Инженерно-геологическая выработка, ее номер
Абсолютная отметка устья, м
- Точка статического зондирования, ее номер
Абсолютная отметка устья, м
- Линия инженерно-геологического разреза, его номер
- Проектируемое сооружение
- Контур проектируемой подземной автостоянки

Примечание:
1. В архивных связках в скобках указана абсолютная отметка в настоящее время

Составлено
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
Исх. №

Изм.				Лист				№ док.				Подп.				Дата			
Шифр: 232-16/Арх. N: 13218/ЛН: 13218-1																			
Инженерно-геологические изыскания для подготовки проектной документации на объекте: Многоквартирный жилой дом со встроенно-пристроенными помещениями, встроенными объектами образования и просвещения и встроенно-пристроенной подземной автостоянкой по адресу: г. Санкт-Петербург, Фрунзенский район, Ликовский пр., 271, литера А																			
Схема расположения выработок												Статус		Лист		Листов			
												П		1		1			
М 1:500												ЗАО "ЛЕНТИСИЗ"							
148																			

ЗАО «ЛенТИСИЗ»

Отдел: ОИГ №2

Объект: Жил.дом, Лиговский пр., 271

Химический состав безнапорных подземных вод

Место взятия пробы, скважина №	1	22	6
Глубина отбора, м	2	1,2	2,2
Дата отбора пробы	23.08.2016	25.08.2016	30.08.2016
Дата поступления в лабораторию	13.09.2016	13.09.2016	13.09.2016
Лабораторный №	481	482	483
Физические свойства:			
прозрачность	слабоопалесц.	опалесцирующая	опалесцирующая
цвет	бесцветная	желтый	желтый
запах	канализац.	без запаха	производ.
Элементы химических анализов	мг/л мг-экв/л мг-экв%	мг/л мг-экв/л мг-экв%	мг/л мг-экв/л мг-экв%
щелочность гидрокарбонатов НСО ₃	571,7 9,37 84	228,2 3,74 8	1123,4 18,41 54
щелочность карбонатная CO ₃ ²⁻	нет	нет	нет
хлориды Cl ⁻	18,8 0,53 5	1104,8 31,16 65	414,5 11,69 34
сульфаты SO ₄	58,4 1,22 11	630,3 13,12 27	206,5 4,30 12
нитриты NO ₂ ⁻	нет	0,4 0,01 0	нет
нитраты NO ₃	0,6 0,01 0	5,3 0,09 0	1,4 0,02 0
сумма анионов	11,13 100	48,12 100	34,42 100
кальций Ca ²⁺	159,1 7,94 72	166,5 8,31 17	264,5 13,20 38
магний Mg ²⁺	23,6 1,94 17	65,3 5,37 11	71,7 5,90 17
натрий+калий в пересчете на Na ⁺	26,0 1,13 10	783,3 34,07 71	343,5 14,94 44
аммоний NH ₄ ⁺	2,1 0,12 1	6,6 0,37 1	6,9 0,38 1
железо Fe ²⁺ + Fe ³⁺ в пересчете на Fe ³⁺	3,6 0,19	0,8 0,04	4,0 0,21
сумма катионов	11,13 100	48,12 100	34,42 100

сухой остаток		638,0	3224,0	2308,0
жесткость:	общая	9,88	13,68	19,10
	временная	9,37	3,74	18,41
	постоянная	0,51	9,94	0,69
кремнекислота	SiO			
окисляемость,мг	O ²	4,7	69,6	299,2
углекислота				
свободная	CO ₂	112,2	20,7	145,0
углекислота				
агрессивная	CO ₂	185,0	20,5	нет
реакция воды-среды				
	pH	6,74	7,37	7,00
сероводород	H ₂ S			
органические				
вещества - гумус		3,1	45,0	193,4

Химический состав безнапорных подземных вод

Место взятия пробы, скважина №	20	12
Глубина отбора, м	1,7	1,8
Дата отбора пробы	02.09.2016	11.09.2016
Дата поступления в лабораторию	13.09.2016	13.09.2016
Лабораторный №	484	485
Физические свойства:		
прозрачность	опалесцирующая	опалесцирующая
цвет	желтый	желтый
запах	сл.производ.	сл.производ.
Элементы химических анализов	мг/л мг-экв/л мг-экв%	мг/л мг-экв/л мг-экв%
щелочность гидрокарбонатов		
НСO ₃	218,4 3,58 8	234,3 3,84 8
щелочность карбонатная	CO ₃ ²⁻	нет
хлориды	Cl ⁻	1040,7 29,35 63

сульфаты	SO ₄	631,1	13,14	29	642,9	13,38	29
нитриты	NO ₂ ⁻	0,7	0,02	0	0,9	0,02	0
нитраты	NO ₃	3,7	0,06	0	4,8	0,08	0
сумма анионов		46,00		100	46,67		100
кальций	Ca ²⁺	180,6	9,01	20	177,2	8,84	19
магний	Mg ²⁺	52,9	4,35	9	57,2	4,70	10
натрий+калий в пересчете на	Na ⁺	742,8	32,31	70	753,9	32,79	70
аммоний	NH ⁴⁺	6,0	0,33	1	6,2	0,34	1
железо Fe ²⁺ + Fe ³⁺ в пересчете на	Fe ³⁺	0,9	0,05		1,0	0,05	
сумма катионов		46,00		100	46,67		100
сухой остаток		3104,0			3158,0		
жесткость: общая		13,36			13,54		
временная		3,80			3,84		
постоянная		9,56			9,70		
кремнекислота	SiO ₂						
окисляемость, мг	O ₂	76,0			88,8		
углекислота свободная	CO ₂	нет			16,3		
углекислота агрессивная	CO ₂	нет			20,7		
реакция воды-среды							
	pH	8,28			7,99		
сероводород	H ₂ S						
органические вещества -	гумус	49,1			57,4		

Агрессивность безнапорных подземных вод к бетонным конструкциям

В соответствии с СП 28.13330.2012, таблицы В.3, В.4, Г.2 При коэффициенте фильтрации грунта 0,1 м/сут

Показатель агрессивности	Значения показателя от - до среднее	Степень агрессивного воздействия на бетон марки по водонепроницаемости		
		W4	W6	W8
Бикарбонатная щелочность (HCO ₃ ⁻), мг-экв/л	3,58 - 18,41 7,79	неагресс.	неагресс.	неагресс.
Водородный показатель, рН	6,74 - 8,28 7,48	неагресс.	неагресс.	неагресс.
Содержание агрессивной углекислоты (CO ₂ агр), мг/л	0,0 - 185,0 45,2	среднеагр.	среднеагр.	слабоагр.
Содержание магниевых солей, мг/л в пересчете на ион Mg ²⁺	23,6 - 71,7 54,1	неагресс.	неагресс.	неагресс.
Содержание аммонийных солей, мг/л в пересчете на ион NH ⁺	2,1 - 6,9 5,6	неагресс.	неагресс.	неагресс.
Содержание едких щелочей, мг/л, в пересчете на ионы Na ⁺ и K ⁺	26,0 - 783,3 529,9	неагресс.	неагресс.	неагресс.
Суммарное содержание хлоридов, сульфатов, нитратов и др. солей, мг/л, при наличии испаряющихся поверхностей	638,0 - 3224,0 2486,4	неагресс.	неагресс.	неагресс.
Содержание сульфатов, мг/л, в счете на ионы SO ²⁻ для:	58,4 - 642,6 433,8			
а) портландцемента по ГОСТ 10178-76		слабоагр.	неагресс.	неагресс.
б) портландцемента и шлакопортландцемента		неагресс.	неагресс.	неагресс.
в) сульфатостойкого цемента по		неагресс.	неагресс.	неагресс.
		Степень агрессивного воздействия на арматуру железобетонных конструкций из бетона марки по водонепроницаемости не менее W6 при		
		постоянном погружении	периодическом смачивании	
Содержание хлоридов, мг/л, Cl ⁻	18,8 - 1104,8 721,3	неагресс.	среднеагр.	

Коррозионная агрессивность безнапорных подземных вод

В соответствии с ГОСТ 9.602-2005

Показатель коррозионной агрессивности	Значения показателя от - до среднее	Коррозионная агрессивность
По отношению к свинцовой оболочке кабеля		
Водородный показатель, рН	6,74 - 8,28 7,5	средняя
Общая жесткость, мг-экв/л	9,88 - 19,10 13,91	низкая
Органические вещества (гумус), мг/л	3,1 - 193,4 69,6	высокая
Нитрат-ион, мг/л	0,6 - 5,3 3,1	низкая
По отношению к алюминиевой оболочке кабеля		
Водородный показатель, рН	6,74 - 8,28 7,5	средняя
Хлор-ион, мг/л	18,8 - 1104,8 721,3	высокая
Ион железа, мг/л	0,8 - 4,0 2,0	средняя

Химический состав напорных подземных вод

Место взятия пробы, скважина №	24	18	4
Глубина отбора, м	17,2	18,2	19,2
Дата отбора пробы	28.09.2016	02.09.2016	30.08.2016
Дата поступления в лабораторию	03.10.2016	13.09.2016	13.09.2016
Лабораторный №	561	486	487
Физические свойства:			
прозрачность	прозрачная	слабоопалесцирующая	прозрачная
цвет	бледно-желтый	бледно-желтый	бледно-желтый
запах	без запаха	без запаха	без запаха
Элементы химических анализов	мг/л мг-экв/л мг-экв%	мг/л мг-экв/л мг-экв%	мг/л мг-экв/л мг-экв%
щелочность гидрокарбонатов НСО ₃	670,0 10,98 50	678,5 11,12 55	701,7 11,50 53
щелочность карбонатная СО ₃ ²⁻	нет	нет	нет
хлориды Cl ⁻	231,9 6,54 30	180,8 5,10 26	212,7 6,00 28
сульфаты SO ₄	208,9 4,35 20	180,0 3,75 19	196,0 4,08 19
нитриты NO ₂ ⁻	0,4 0,01 0	0,1 0,00 0	0,1 0,00 0
нитраты NO ₃	0,7 0,01 0	0,3 0,00 0	0,5 0,01 0
сумма анионов	21,89 100	19,97 100	21,59 100
кальций Ca ²⁺	153,9 7,68 35	125,3 6,25 31	130,7 6,52 30
магний Mg ²⁺	23,6 1,94 9	26,8 2,20 11	30,4 2,50 12
натрий+калий в пересчете на Na ⁺	274,3 11,93 54	257,3 11,19 56	281,4 12,24 56
аммоний NH ₄ ⁺	6,2 0,34 2	6,0 0,33 2	6,0 0,33 2
железо Fe ²⁺ + Fe ³⁺ в пересчете на Fe ³⁺	0,2 0,01	0,9 0,05	1,0 0,05
сумма катионов	21,89 100	19,97 100	21,59 100
сухой остаток	1384,0	1295,0	1402,0

жесткость:	общая	9,62	8,45	9,02
	временная	9,62	8,45	9,02
	постоянная	нет	нет	нет
кремнекислота	SiO ₂			
окисляемость, мг	O ₂	41,3	40,0	42,0
углекислота				
свободная	CO ₂	35,0	42,0	38,0
углекислота				
агрессивная	CO ₂	нет	нет	нет
реакция воды-среды				
	pH	6,60	6,56	6,69
сероводород	H ₂ S			
органические				
вещества -	гумус	26,7	25,9	27,1

Агрессивность напорных подземных вод к бетонным конструкциям

В соответствии с СП 28.13330.2012, таблицы В.3, В.4, Г.2 При коэффициенте фильтрации грунта 0,1 м/сут

Показатель агрессивности	Значения показателя от - до среднее	Степень агрессивного воздействия на бетон марки по водонепроницаемости		
		W4	W6	W8
Бикарбонатная щелочность (НСО ₃), мг-экв/л	10,98 - 11,50 11,20	неагресс.	неагресс.	неагресс.
Водородный показатель, рН	6,56 - 6,69 6,62	неагресс.	неагресс.	неагресс.
Содержание агрессивной углекислоты (СО ₂ агр), мг/л	нет	неагресс.	неагресс.	неагресс.
Содержание магниезальных солей, мг/л в пересчете на ион Mg ²⁺	23,6 - 30,4 26,9	неагресс.	неагресс.	неагресс.
Содержание аммонийных солей, мг/л в пересчете на ион NH ⁺	6,0 - 6,2 6,1	неагресс.	неагресс.	неагресс.
Содержание едких щелочей, мг/л, в пересчете на ионы Na ⁺ и К	257,3 - 281,4 271,0	неагресс.	неагресс.	неагресс.
Суммарное содержание хлоридов, сульфатов, нитратов и др. солей, мг/л, при наличии испаряющих поверхностей	1295,0 - 1402,0 1360,3	неагресс.	неагресс.	неагресс.
Содержание сульфатов, мг/л, в счете на ионы SO ²⁻ для:	180,0 - 208,9 195,0			
а) портландцемента по ГОСТ 10178-76		неагресс.	неагресс.	неагресс.
б) портландцемента и шлакопортландцемента		неагресс.	неагресс.	неагресс.
в) сульфатостойкого цемента по ГОСТ 22266-76		неагресс.	неагресс.	неагресс.
		Степень агрессивного воздействия на арматуру железобетонных конструкций из бетона водонепроницаемости не менее W6 при		
		постоянном погружении	периодическом смачивании	
Содержание хлоридов, мг/л, Cl ⁻	180,8 - 231,9 208,5	неагресс.	неагресс.	

ЗАО «ЛЕНТИСИЗ»

Отдел: ОИГ №2

Объект: Жил.дом,Лиговский пр.,271

Таблица химического состава водной вытяжки из грунтов

Лаб.№	№ выра ботки	Глубина отбора, м		Дата отбора	рН	Содержание в % от массы воздушно- сухого грунта					Содержание в мг на 1 кг грунта	
		от	до			хлор ион	нитрат ион	ион железа	органи ческие вещ-ва- гумус	суль фаты	хлор ион	суль фаты
2620	1	1,8	2	23.08.2016	7,26	0,005	0,00013	0,00005	0,0137	0,0485	50	485
2621	1	3,2	3,4	23.08.2016	7,69	0,004	0,0002	0,00013	0,0054	0,0107	40	107
2666	4	3,6	3,7	30.08.2016	8,04	0,004	0,00062	0,00012	0,0133	0,0415	40	415
2694	8	3,7	3,8	31.08.2016	8,01	0,005	0,00018	0,00012	0,0050	0,0058	50	58
2706	21	4,3	4,4	01.09.2016	7,92	0,007	0,00009	0,00012	0,0033	0,0160	70	160
3598	12	4	4,1	11.09.2016	8,16	0,008	0,00009	0,0001	0,0039	0,0041	80	41
3624	10	3,5	3,6	12.09.2016	8,21	0,005	0,0001	0,0001	0,0042	0,0062	50	62

**Агрессивность грунтов по отношению к бетонным и железобетонным
конструкциям**

В соответствии с СП 28.13330.2012, таблицы В.1, В.2

Показатель агрессивности	Значения показателя от - до среднее	Степень агрессивного воздействия на бетон марки по водонепроницаемости		
		W4	W6	W8
Содержание сульфатов, мг на 1 кг грунта, в пересчете на ионы SO^{2-}_4 для: а) портландцемента по ГОСТ 10178, ГОСТ 31108 б) портландцемента по ГОСТ 10178, ГОСТ 31108 с содержанием в клинкере $C_3S < 65\%$, $C_3A < 7\%$, $C_3A + C_4AF < 22\%$ и шлакопортландцемента в) сульфатостойкого цемента по ГОСТ 22266	41 - 485 190	неагр.	неагр.	неагр.
		неагр.	неагр.	неагр.
		неагр.	неагр.	неагр.
Содержание хлоридов, мг на 1 кг грунта, при толщине защитного слоя, мм: а) 20 б) 25 в) 30 г) 50	40 - 80 54	Степень агрессивного воздействия на арматуру в железобетонных конструкциях для бетонов марки по водонепроницаемости		
		W4-W6		W8
		неагр.	неагр.	неагр.
		неагр.	неагр.	неагр.
		неагр.	неагр.	неагр.
		неагр.	неагр.	неагр.
		неагр.	неагр.	неагр.

Коррозионная агрессивность грунтов по отношению к оболочке кабеля

В соответствии с ГОСТ 9.602-2005 , табл.2, табл.4

Показатель коррозионной агрессивности	Значения показателя от - до среднее	Коррозионная агрессивность
По отношению к свинцовой оболочке кабеля		
Водородный показатель, рН	7,26 - 8,21 7,90	средняя
Органические вещества (гумус), % от массы воздушно-сухой пробы	0,0033 - 0,0137 0,0070	средняя
Нитрат-ион, % от массы воздушно-сухой пробы	0,0001 - 0,0006 0,0002	средняя
По отношению к алюминиевой оболочке кабеля		
Водородный показатель, рН	7,26 - 8,21 7,90	средняя
Хлор-ион, % от массы воздушно-сухой пробы	0,004 - 0,008 0,005	высокая
Ион железа, % от массы воздушно-сухой пробы	0 - 0,0001 0,0001	низкая

Коррозионная агрессивность грунта по отношению к конструкциям из углеродистой и низколегированной стали

Лаб.№	№ выработ ки	Глубина, м		УЭСГ, Ом*м	Корр. агрессивность	ПКТ, А/м ²	Корр. агрессивность
		от	ДО				
2562	22	2	2,2	13	Высокая	0,80	Высокая
2620	1	1,8	2	14	Высокая	0,29	Высокая
2665	4	2	2,2	13	Высокая	0,42	Высокая
2692	8	2	2,2	33	Средняя	0,42	Высокая
3595	12	2	2,2	27	Средняя	0,18	Средняя
3597	12	3,1	3,2	48	Средняя	0,40	Высокая
4178	23	2	2,1	65	Низкая	0,32	Высокая

Коррозионная агрессивность грунта по отношению к конструкциям из углеродистой и низколегированной стали

В соответствии с табл.1 ГОСТ 9.602-2005

Показатель коррозионной агрессивности	Значения показателя от – до среднее	Степень коррозионной агрессивности
Удельное электрическое сопротивление, Ом. м	13 - 65 30	высокая
Средняя плотность катодного тока, А/м ²	0,18 0,80 0,40	высокая