

«Санкт-Петербургский государственный университет»

Юрина Елизавета Олеговна

Выпускная квалификационная работа

на тему:

**«Анализ инженерно-геологических условий участка строительства здания ДОУ,
расположенного в приморском районе Санкт-Петербурга»**

Уровень образования: бакалавриат

Направление *05.03.01 «Геология»*

Основная образовательная программа *СВ.5018.2019 «Геология»*

Научный руководитель:

доцент каф. гидрогеологии и

инженерной геологии,

канд. г-м н.

Бурлуцкий Станислав Борисович

Санкт-Петербург

2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1.1 Географическое положение	5
1.2 Геоморфология.....	5
1.3 Климатические условия	8
1.4 Гидрография	9
ГЛАВА 2 ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ГОРОДА САНКТ- ПЕТЕРБУРГА	10
2.1 Геологические условия.....	10
2.1.1 Литологическая характеристика горных пород	10
2.1.2 Тектонические особенности территории города.....	16
2.2 Гидрогеологические условия.....	19
ГЛАВА 3 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ИССЛЕДУЕМОМ УЧАСТКЕ.....	21
3.1 Местоположение участка работ	21
3.2 Рельеф и гидрография	22
3.3. Климатические условия	22
3.4. Методика и технология выполнения работ.....	23
3.5 Геолого-геоморфологическое строение	23
3.6 Гидрогеологические условия.....	25
3.7 Физико-механические свойства грунтов	26
3.8 Специфические грунты	41
3.9. Геологические и инженерно-геологические процессы и явления	41
ГЛАВА 4 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ	43
4.1 Определение несущей способности сваи-стойки.....	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	46
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	47
ПРИЛОЖЕНИЯ	49

ВВЕДЕНИЕ

В условиях активного массового строительства и быстрого развития инженерно-геологических исследований, проектирования и строительства зданий, необходимо проводить более детальное изучение физико-механических свойств грунтов. Необходимость изучения заключается в получении первоначальных данных, которые позволят правильно рассчитывать конструкции с учетом предельных состояний. Такое более глубокое изучение грунтов позволяет обеспечить безопасность и надежность сооружений в соответствии с требованиями проектирования.

Безусловно, для того, чтобы с помощью инженерно-геологических исследований правильно спроектировать фундамент, необходимо учитывать свойства грунтов, на которых будет строиться здание. Различные типы горных пород имеют разную несущую способность, проницаемость, деформационные свойства и другие характеристики, которые необходимо учитывать при выборе и проектировании фундаментов.

Настоящая работа написана по результатам прохождения производственной практики в геотехнической лаборатории ЗАО «ЛенТИСИЗ» летом 2022 года.

Целью работы является исследование и оценка инженерно-геологических условий строительной площадки для расчета эффективности применения свайного фундамента проектируемого сооружения в Приморском районе города Санкт-Петербурга.

Для достижения поставленной цели, необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить природно-климатические характеристики района предполагаемого строительства.
2. Исследовать физико-механических свойств грунтов выделенных инженерно-геологических элементов.
3. Проанализировать приспособление сооружения к геологическим особенностям площадки строительства.
4. Провести инженерно-геологические расчеты.
5. Выявить опасные инженерно-геологические процессы на местности.

В работе выполнен анализ результатов инженерно-геологических изысканий на территории Санкт-Петербурга, рассмотрены физико-механические свойства горных пород, полученные полевыми и лабораторными методами.

Комплексный анализ природной обстановки Санкт-Петербурга предполагает всестороннее изучение особенностей геоморфологических и климатических условий, геолого-структурного строения, инженерно-геологического и гидрогеологического разреза местности.

Структура дипломной работы определяется логикой ее исследования, отвечающей поставленной цели и задачам. Дипломная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка и приложения.

В первой главе «Физико-географический очерк города Санкт-Петербурга» рассмотрены географическое положение, рельеф местности, климатические условия и гидрография города;

Во второй главе «Особенности геологического строения города Санкт-Петербурга» изучен геологический разрез города, тектонический режим и гидрогеологические условия.

В третьей главе «Инженерно-геологические условия на исследуемом участке» проанализирована информация о геологическом строении, гидрогеологических и геоморфологических условиях участка, составе, состоянии и свойствах грунтов, выявлены опасные инженерно-геологических процессы.

В четвертой главе «Инженерно-геологические расчеты» даны рекомендации по выбору оптимального типа фундамента по результатам инженерно-геологических работ для данного сооружения и произведен расчёт несущей способности сваи-стойки.

ГЛАВА 1 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК ГОРОДА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

1.1 Географическое положение

Проектируемое здание расположено в северной части Санкт-Петербурга. В административном отношении Санкт-Петербург является самостоятельным субъектом Российской Федерации в составе Северо-Западного федерального округа. Территория города расположена на Восточно-Европейской равнине, в устье реки Невы, и занимает территорию южного и северного побережья Финского залива в пределах Приневской низменности. Общая площадь территории города составляет 1,4 тысячи км². В настоящее время Санкт-Петербурга подразделяется на 18 административных районов (рис.1). (Геологический атлас Санкт-Петербурга, 2009).



Рисунок 1. Карта районов г. Санкт-Петербург (<https://korona-severa.ru>).

1.2 Геоморфология

Наиболее характерными и важными геоморфологическими элементами рассматриваемой территории являются Приморская низина, которая занимает самое низкое положение над уровнем моря, а также Приневская низина. Они образованы комплексом озерно-ледниковых, озерных и морских абразионно-аккумулятивных террас уровней 23-17, 16-10, 9-0 м. На этих территориях можно выделить зоны, где присутствуют глубокие болотные массивы и заболоченные участки, а также участки, которые претерпели значительные изменения из-за намыва песчаных масс из низководных прибрежных зон

залива. В этих зонах характерным является наличие природного и техногенного органического материала в грунтовых слоях, что при высоком уровне водонасыщенности способствует возникновению восстановительных условий и дефициту несущей способности грунтов основания. Низменные участки подвержены интенсивному процессу подтопления. (Николаева, 2011).

Санкт-Петербург и его ближайшие пригороды расположены в пределах трех геоморфологических районов (рис.2): Приневской низменности, Ордовикского плато и Карельского перешейка (Фурса,1975). Современный рельеф территории города сформировался под воздействием различных геологических факторов, таких как движений земной коры, изменения уровня моря, процессов денудации и аккумуляции, а также климатических изменений.



Рисунок 2. Схематическая карта расположения орографических зон Санкт-Петербурга и окрестностей (Геологический атлас Санкт-Петербурга, 2009).

На севере от Санкт-Петербурга, на Карельском перешейке, прослеживается холмистый рельеф (Мохнач, 2007), высоты которого не являются по характеру своей поверхности однородными. Рельеф образован формами ледниковой и водно-ледниковой аккумуляции: чередованием холмов, камов, озов и зандровых равнин с понижениями, такими как озёрами, болотами, а также неглубокими речными долинами (Геологический атлас Санкт-Петербурга, 2009).

На большей части центральной части города, которая расположена в устье р. Невы, сформировался техногенный рельеф из намывных и насыпных грунтов. Их мощность достигает десятка метров, такими грунтами засыпаны водоёмы и долины рек (Геологический атлас Санкт-Петербурга, 2009).

Южная граница города проходит вдоль Балтийско-Ладожского уступа (глинта), который ограничивает Ижорскую возвышенность (рис.3). В пределах города Ижорская возвышенность и, частично, Балтийско-Ладожский уступ встречаются в Красносельском районе. Поверхность возвышенности плоская с абсолютными отметками до 65 - 75 м (Пулковские высоты). Балтийско-Ладожский уступ хорошо выражен в рельефе, относительная его высота достигает 25-30 м. Встречаются карстовые формы рельефа в виде воронок (Геологический атлас Санкт-Петербурга, 2009).



Рисунок 3. Схема рельефа Санкт Петербург и Ленинградской области (<http://gov.spb.ru>).

В городе широко развиты торфяники, которые занимают около 12% всей территории. Торфяники заполняют местные понижения (низинные болота) либо образуют отчетливо выраженные в рельефе повышения (верховые болота) (Фурса,1975).

Существование погребенных долин (неоген-раннечетвертичного возраста) различной глубины и протяженности, в которых наблюдается наиболее полный разрез четвертичных отложений и фиксируется несколько напорных водоносных горизонтов, служит характерной чертой рельефа поверхности дочетвертичных пород. Более низкие абсолютные отметки кровли коренных пород (до глубины 25-79 м) фиксируются в районе озера Долгого, у станции метро «Удельная», вдоль реки Каменки и др. участки в зонах

палеодолин также рассматриваются как менее благоприятные для всех видов строительства (Николаева, 2011).

Важным фактором преобразования рельефа является деятельность человека. Природный ландшафт территории, занятой Санкт-Петербургом и его окрестностями, и прилегающей местности под влиянием хозяйственной деятельности претерпел значительные изменения. При освоении и застройке территорий происходит накопление антропогенных отложений: осуществляется засыпка старых водотоков и каналов и устройство новых, на значительных площадях производятся подсыпка и намыв. Это приводит, в частности, к нивелированию, стиранию геоморфологических границ на поверхности, к постепенному исчезновению естественного и возникновению искусственного (антропогенного) рельефа (Фурса, 1975).

1.3 Климатические условия

Климат Петербурга является умеренным и имеет переходный характер от умеренно-континентального к умеренно-морскому типу. Такой климатический режим обусловлен географическим положением города и взаимодействием морских и континентальных воздушных масс умеренных и арктических широт. Это обуславливается сравнительно небольшим количеством поступающего на земную поверхность и в атмосферу солнечного тепла. Средняя годовая температура воздуха в Санкт-Петербурге, основываясь на долговременных наблюдениях, составляет 5,6°C (<https://www.infoeco.ru>).

Орографические особенности местности и характер подстилающей поверхности существенно влияют на распределение осадков, что приводит к нарушению равномерности осадков. Наибольшее количество осадков наблюдается на западных и юго-западных склонах холмов и горных хребтов, которые находятся на ветренной стороне. В то же время, наименьшее количество осадков выпадает на побережья водоемов, таких как Ладожское и Онежское озера, а также Финский залив. Годовая норма осадков составляет от 700 мм на побережье Финского залива до 750 мм при удалении от него. Внутригодовое распределение осадков неравномерное: за тёплый период (апрель-октябрь) выпадает 60-65 % общего количества осадков. Относительная влажность воздуха большую часть года превышает 80 %, часто составляя в ноябре-январе - 90%, в связи с чем испарение с поверхности не превышает 300 мм (Геологический атлас Санкт-Петербурга, 2009).

1.4 Гидрография

Общая протяжённость всех водотоков на территории Санкт-Петербурга достигает 282 км, а их водная поверхность составляет около 7 % всей площади города. Из-за низкого и болотистого местоположения города, в процессе его строительства было необходимо строить каналы и пруды для осушения этих территорий (<http://www.sankt-peterburg.ru/>). Анализируя карту Санкт-Петербурга, можно легко заметить, что основной водной магистралью города является река Нева, которая впадает в Невскую губу Финского залива, принадлежащего к Балтийскому морю. Районы города, такие как Василеостровский, Петроградский и Крестовский расположены на высотах, не превышающих 1,2—3 м над уровнем моря. Они подвержены риску наводнений, которые главным образом связаны с ветровым нагоном вод в восточной части Финского залива.

В Неву впадает около 26 небольших речек и ручьев, которые незначительно оказывают влияние на её режим. Наиболее крупные из них: северные притоки - р. Охта и р. Чёрная, южный – р.Ижора. Питание рек осуществляется за счет поверхностного стока, а также болотных и, частично, подземных вод (Фурса,1975).

Среди множества озёр на территории города Санкт-Петербург можно выделить наиболее крупные Суздальские озёра, которые находятся в Выборгском районе. Эти озёра имеют природное происхождение. В то же время, Лахтинский и Сестрорецкий Разливы имеют техногенное происхождение и возникли в результате регулирования рек Сестры и Каменки (Геологический атлас Санкт-Петербурга, 2009).

ГЛАВА 2 ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ГОРОДА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

2.1 Геологические условия

2.1.1 Литологическая характеристика горных пород

Геологическое строение территории Санкт - Петербурга определяется его расположением на пересечении Балтийского кристаллического щита и Русской плиты. Большая часть площади города характеризуется двухуровневой природой: кристаллическим основанием и осадочным чехолом. В строении участка города Санкт-Петербург выделяются несколько стратиграфических подразделений (рис.4). Они описываются ниже, в порядке от более древних к наиболее молодым, как это принято в геологии.

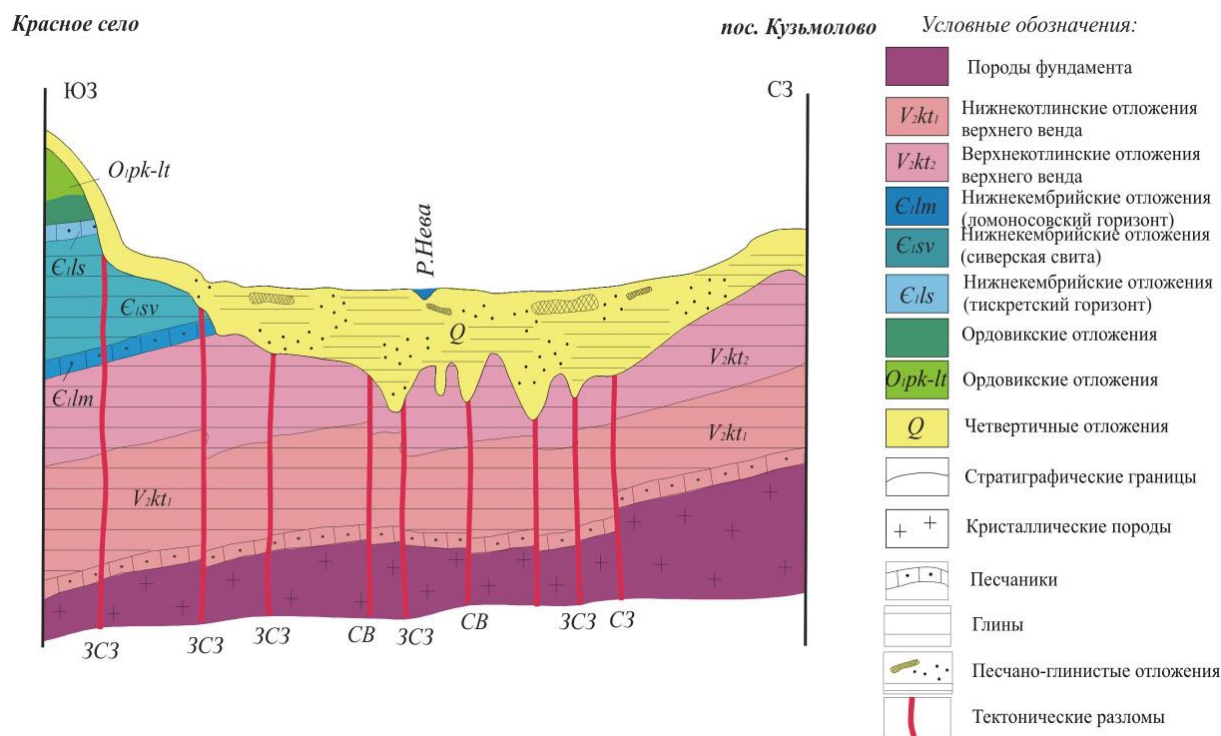


Рисунок 4. Схематический геолого-литологический разрез Санкт-Петербурга с элементами тектоники (Дашко,2011).

На разрезе хорошо видны древние дочетвертичные отложения в верхнепротерозойских и нижнекембрийских глинистых породах, заполненные четвертичными отложениями. Также наблюдается, что большая часть четвертичных отложений располагается на докембрийских породах, в то время как на южной части сечения они залегают на кембрийских и ордовикских породах.

Архейская и протерозойская акротемы (AR-PR₁)

Архейские и нижнепротерозойские породы часто сложно различить, поэтому на большинстве карт и разрезов они представлены в виде единого комплекса нерасчлененных отложений, известно как AR-PR₁. Этот комплекс состоит из кристаллического фундамента, который сложен скальными породами и представлен гранитами, гнейсами, диоритами и другими магматическими и метаморфическими породами. В пределах города они залегают на глубине 180–240 м, иногда ещё глубже. Поверхность кристаллического фундамента имеет неровный профиль и общий уклон в юго-восточном направлении. С поверхности кристаллического фундамента имеется земная кора, мощность которой достигает до 30 м (Фурса, 1975).

Верхнепротерозойская эонотема (PR₂)

Вендская система

Верхний отдел (V₂)

Осадочный чехол представлен отложениями, которые различаются по возрасту, генезису, составу, состоянию и свойствам, тем самым определяет различный подход к их инженерно-геологической оценке и, соответственно, к оценке устойчивости пород в подземных выработках.

Разрез чехла начинается с отложений валдайской серии вендского возраста, которые залегают непосредственно на кристаллическом фундаменте моноклиально. Отложения валдайской серии разделяются на следующие горизонты: нижний - редкинский (старорусская свита) и верхний - котлинский (котлинская свита) (Геологический атлас Санкт-Петербурга, 2009).

Отложения редкинского горизонта старорусской свиты (V_{2sr}) представлены гравелитами, песчаниками, аргиллитами, аргиллитоподобными глинами и алевролитами. Мощность его не больше 10-15 м.

Котлинская свита разделяется на нижнюю и верхнюю подсвиты. В гдовском горизонте (нижняя подсвита) (V_{2kt1}) преобладают песчаники и субаркозовые алевролиты, выше по разрезу встречаются прослой аргиллитоподобных глин. Мощность гдовских слоев не больше 30 м. (Геологический атлас Санкт-Петербурга, 2009). В местах, где

выклинивается редкинский горизонт гдовские слои залегают непосредственно на породы кристаллического фундамента. Верхняя подсвита котлинской свиты (V_{2kt2}), мощность которой достигает 150 м, а в местах древних размывов она едва превышает 10 м, залегают на гдовских песчаниках, а там, где они отсутствуют - на кристаллическом фундаменте, непосредственно под четвертичными отложениями, в южной части территории - под глинами нижнего кембрия. Котлинский горизонт представлен толщей слоистых аргиллитоподобных глин с маломощными прослоями песчаников. В минеральном составе глин преобладают гидрослюды и каолинит (Фурса, 1975).

Фанерозойская эонотема

Палеозойская эратема

Кембрийская система (Є)

Нижний кембрий в районах Санкт-Петербурга представлен двумя свитами: ломоносовской и лонтовасской. Породы нижнего кембрия распространены в южной части территории и залегают на глинах котлинского горизонта непосредственно под четвертичными отложениями или с поверхности.

Ломоносовская свита ($Є_{1lm}$) представлена толщей кварцевых песчаников с прослоями глин. Мощность песчаников не превышает 30 м.

Что касается пород лонтовасской (сиверской) свиты ($Є_{1sv}$), они распространены в районах Пулково и по южному побережью Финского залива. Породы выходят на дневную поверхность и представлены тонкослоистыми «синими» глинами с редкими маломощными (до 0,25 м) прослоями песчаников. Мощность свиты достигает 100-130 м. В минеральном составе глин преобладают гидрослюды с примесью монтмориллонита. (В.М.Фурса, 1975).

Карта дочетвертичных отложений, которые были описаны выше, представлена на рисунке 7 (Геологический атлас Санкт-Петербурга, 2009 г.)

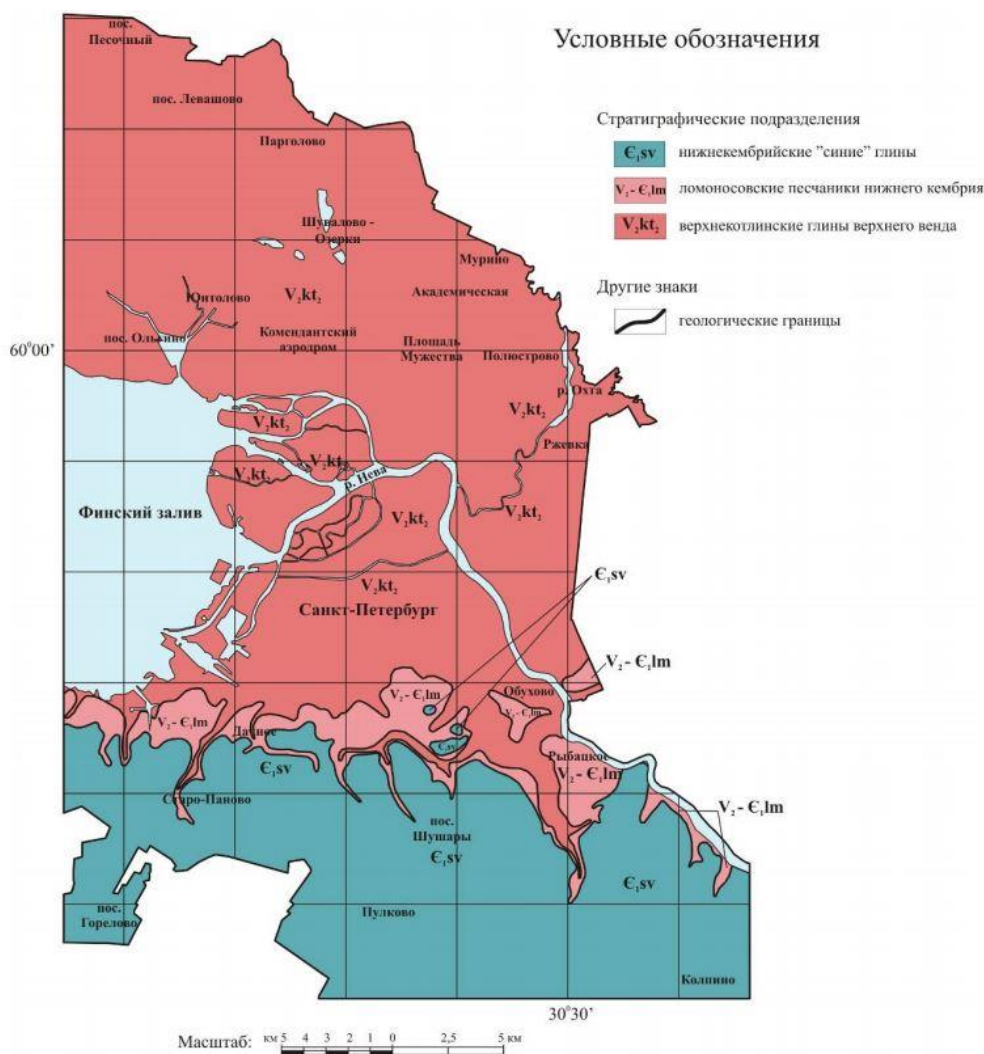


Рисунок 7 - Схематическая геологическая карта дочетвертичных (коренных) отложений Санкт-Петербурга (Геологический атлас Санкт-Петербурга, 2009 г.).

Четвертичная система (Q)

Четвертичные отложения различного генезиса широко распространены в Санкт-Петербурге. Они залегают на неровной поверхности дочетвертичных пород - верхнекотлинских глинах - в северной и центральной части города, и на нижнекембрийских - в южных районах. Мощность отложений варьирует от 20-30 м до 100-130 м в зонах палеодолин.

Стоит отметить, что в местах, где отсутствуют погребенные долины, верхнекотлинские глины могут служить надежным опорным горизонтом для свайных фундаментов (ТСН 50-302-2004 Санкт-Петербург). В палеодолинах представлен более полный разрез, где выделяются три толщи моренных образований: наиболее древняя – вологодская, далее вверх по разрезу московская и осташковская.

Вологодский горизонт (gIIvl). Вологодская морена распространена локально, и приурочена к понижениям (размывам) в дочетвертичных породах и залегает непосредственно на них. Отложения вскрыты скважинами при бурении и максимальная мощность зафиксирована - 70 м. Ледниковые отложения представлены суглинками и глинами коричневатого и зеленовато-серого цвета с включениями гравия, гальки и валунов кристаллических пород. Флювиогляциальные отложения представлены песками средней крупности и гравелистыми с включениями гальки и валунов. Озерно - ледниковые отложения представлены слоистыми пылеватыми суглинками и глинами, реже супесями и однородными песками (Фурса,1975).

Московский горизонт (gIIms). Московская морена распространена шире, чем вологодская, зачастую выходит за пределы палеодолин и развита в центральных и северо-восточных районах города. Ее максимальная мощность составляет - 60 м. Отложения московской морены местами перекрываются морскими осадками мгинского горизонта (mIIImg). Ледниковые отложения представлены пылеватыми суглинками и супесями коричневатой окраски с включениями гравия, гальки и валунов кристаллических пород. Флювиогляциальные отложения имеют небольшую мощность (6-7 м), представлены мелкими и крупными песками с прослоями и линзами галечников. Озерно- ледниковые отложения представлены тонкослоистыми глинами, реже пылеватыми суглинками, супесями и песками (Фурса,1975).

Моренные отложения вологодского и московского оледенения наблюдаются в глубоких погребенных долинах, например, в таких местах, как под рекой Смоленкой и в районе площади Мужества.

Осташковский горизонт (gIIIos). В качестве несущего слоя для свайных фундаментов осташковская морена имеет наибольшее значение для строительства. Она развита почти повсеместно как на суше, так и в акватории Невской губы. Морена выходит на дневную поверхность в южных районах города и на участке к югу от Сестрорецкого разлива. Максимальная мощность составляет 88 м, такая отметка на самом юге города на горе Воронья. В верхней части разреза морена представляет собой переход с севера на юг от супесей к суглинкам.

Ледниковые отложения осташковского оледенения представлены суглинками, иногда супесями и глинами с включениями гравия, гальки и валунов кристаллических пород различного петрографического состава (рис.8). Мощность ледниковых отложений варьируется в значительных пределах: в депрессиях она достигает 35-40м, за пределами

депрессий не превышает 10 м. Флювиогляциальные отложения наблюдаются в центральной части района и представлены песками различной крупности с включениями гравия и гальки. Средняя мощность около 3,5 м (Фурса,1975).

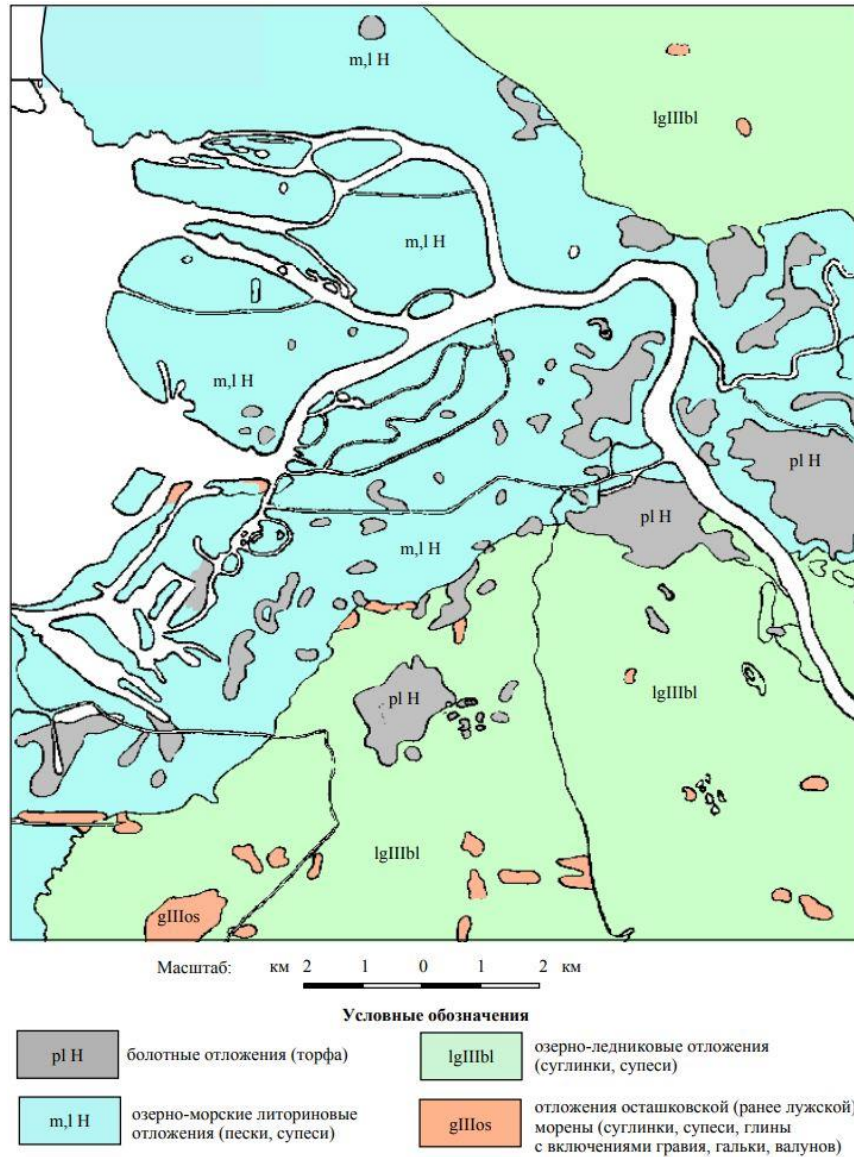


Рисунок 8 – Четвертичные отложения территории Санкт-Петербурга (Дашко,2011).

Выше по разрезу наблюдаются озерно-ледниковые отложения Балтийского ледникового озера (lgIIIbl), которые также представлены на рисунке 8. Они сложены преимущественно суглинками, супесями и глинами, в том числе ленточными, иногда - тонкими и пылеватыми песками. Эти отложения широко распространены и перекрывают осташковскую морену. Мощность колеблется от 1 до 20 м на суше, достигая максимум в акватории Невской губы 35 м (Геологический атлас Санкт-Петербурга, 2009 г.).

Современные отложения (Q_{IV}) представлены континентальными и морскими отложениями (m, l IV), которые широко распространены на территории города. Они включают в себя отложения второго иольдиевого моря, анцилового озера, литоринового моря и древнебалтийского моря. Здесь развиты аллювиальные (a_{IV}), озерные (l_{IV}) и болотные отложения (b_{IV}). Из континентальных отложений наиболее широко развиты торфяно-болотные. Мощность торфа около 10-13 м. Практически во всех озерах области распространен озерный ил - сапропель. На песчаных побережьях Финского залива и Ладожского озера распространены эоловые отложения. Особенностью геолого-литологического строения четвертичного разреза Санкт-Петербурга является наличие техногенных (t_{IV}), насыпных и намывных образований, представленные намывными и насыпными отложениями.

2.1.2 Тектонические особенности территории города

Структурно-тектоническое строение территории Санкт-Петербурга и его окрестностей, как было упомянуто ранее, определяется расположением города в тектонически-напряженной области на стыке двух структур - Балтийского щита и Русской плиты. В этой области наблюдаются геофизические и геохимические аномалии, множество разломов в породах кристаллического фундамента, повышенная сейсмическая активность и природная радиоактивность.

Наличие в кристаллическом фундаменте региональные тектонические разломы субмеридионального и субширотного простирания (рис.9), а также мелкие разрывные нарушения являются важной особенностью строения территории. В пределах зоны сочленения двух крупных тектонических структур, о которых говорилось ранее, зафиксировано движение блоков фундамента относительно друг друга с разной скоростью и интенсивностью в различные периоды геологического времени, в том числе и в современное (четвертичное) время. Важно отметить, что разломные зоны и трещины прослеживаются в породах осадочной дочетвертичной толщи, сложенной плотными глинами и песчаниками, способствуя их дезинтеграции и снижению водоупорных свойств глин. Одним из крупных тектонических элементов является разлом, обнаруженный по линии Вещево-Колпино-Чудово, данные о котором получены из геологических и геофизических исследований.

В пределах города можно выделить две глубоко погребенные долины, связанные с разломами, имеющими субширотное направление. Одна из этих долин прослеживается в

районе площади Мужества, а другая расположена на Васильевском острове и простирается под рекой Смоленкой в западном направлении. Третья значительная погребенная долина располагается вдоль правого берега реки Невы. В структуре погребенных долин можно выделить склоновые участки, террасы и тальвеговые зоны. Тальвег представляет собой самую глубокую часть погребенной долины, которая является руслом древней реки и заполняется четвертичными отложениями.

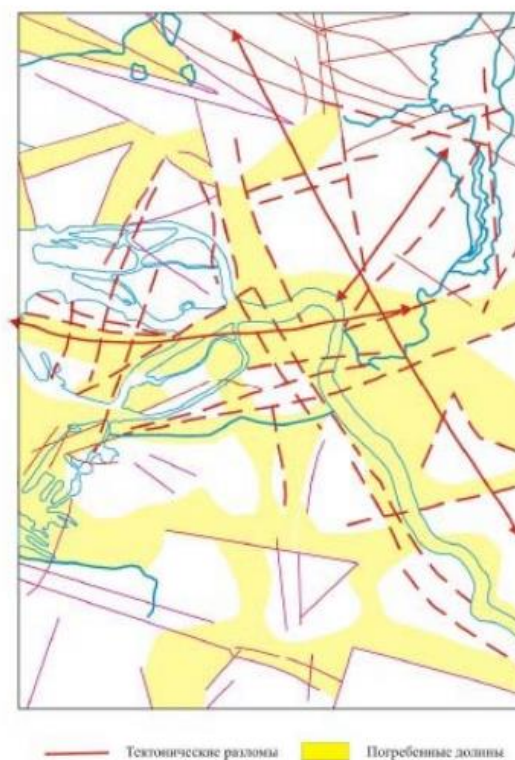


Рисунок 9 – Структурно-тектоническая карта Санкт-Петербурга (Дашко,2011).

В осадочном чехле разрывные нарушения редко осложнено разломами и флексурами, несколько чаще наблюдаются незначительные изменения угла наклона моноклинали. В целом по проявленным в чехле разрывным нарушениям можно отметить небольшую амплитуду вертикальных смещений, не превышающую 20 м, нелинейность, то есть местами наблюдается преобладание северо-восточного и субширотного простираний, а также восточная часть Финского залива, по данным исследований акватории, не имеет никаких признаков грабена (Амантов, 2020). На территории города Санкт-Петербурга малоамплитудные понижения в фундаменте относятся к классу денудационно-эрозионных структур, а в осадочном чехле - к классу структур обтекания. Подобные структуры могут иметь и тектоническую природу - это либо сбросы, либо взбросы, образовавшиеся в условиях хрупких деформаций верхних горизонтов земной коры.

В строении осадочного чехла выделяются три структурных яруса - байкальский, каледонский и герцинский и альпийский структурные ярусы, соответствующие главным циклам орогенеза. Структурные ярусы разделяются отчетливо выраженными стратиграфическими перерывами.

Байкальский структурный ярус, объединяющий в себе вендские и нижнекембрийские образования, залегает несогласно на денудированной поверхности кристаллического фундамента. На поверхности данные образования распространяются на большей части территории, практически до подножия Балтийско-Ладожского уступа.

Каледонский структурный ярус сложен кембрийскими, ордовикскими, силурийскими и среднедевонскими осадками и залегает с перерывом и структурным несогласием на кембрийских глинах. Роль неотектонических процессов заключается в поднятии Балтийского щита (Геологический атлас Санкт-Петербурга, 2009). Тектонический режим этого этапа характеризуется циклическим чередованием опусканий и поднятий отдельных участков суши.

Герцинский структурный ярус сложен породами верхнедевонскими, каменноугольными и пермскими. Проявление тектонического режима было в погружении в центральных частях Московской синеклизы, а также блоковые дифференцированные движения по ее периферии. В конце герцинского этапа большую активность приобрели вертикальные тектонические движения, способствовавшие общему подъему территории, занятой герцинидами.

Альпийский структурный пояс слагает неоген-четвертичные отложения. В это время формируются крупнейшие на северо-западе денудационно-тектонические структуры куэстового типа: Балтийско-Ладожский глинт, Карбоновый уступ, Ижорская возвышенность и Путиловское плато. В неогене территория испытала подъем не менее чем на 100-150 м (Панкратова, 2014).

Таким образом, можно сказать, что структурно-тектоническое строение Санкт-Петербурга представляет собой комплексную систему различных разломов, тектонических зон и пород различного возраста и происхождения, которые определяют его геологическое разнообразие и геоморфологическую сложность. Исследование этой комплексной системы структур и разломов являются важными аспектами для эффективного планирования

градостроительного развития и обеспечения устойчивости инженерных конструкций в городе Санкт-Петербурге.

2.2 Гидрогеологические условия

Санкт-Петербург находится на территории северо-западной части Ленинградского артезианского бассейна, который расположен на южном склоне Балтийского щита. Этот бассейн является значимым источником подземных вод, которые стекают в Балтийское море. В связи с этим, на территории города можно выделить пять водоносных горизонтов и комплексов. Эти горизонты представляют собой слои пород, способных проникать, хранить и передавать воду подземными путями.

- подземные воды, приуроченные к породам четвертичного возраста, в том числе техногенным образованиям (насыпным и намывным), повсеместно присутствующим в верхней части разреза, современным отложениям болот и озерно-морским (литориновым) пескам и супесям, озерно-ледниковым разностям верхнечетвертичного времени;
- верхний межморенный водоносный горизонт приурочен к межстадиальным песчаным образованиям, обычно вскрывается в погребенных долинах города; этот горизонт, получивший название «полуостровский», даже в погребенных долинах распространен локально из-за значительной фациальной и литологической изменчивости отложений в пределах территории города;
- нижний межморенный водоносный горизонт прослеживается под московской мореной, имеет в пределах города еще более локальное развитие по сравнению с вышеупомянутым, в связи с тем, что он обнаруживается только в отдельных глубоких палеодолинах города в его северной части и на юго-восточной окраине Санкт-Петербурга и рассматривается как водоносный горизонт стратегических запасов воды;
- ордовикский и кембро-ордовикский водоносные горизонты вскрываются на Ижорском плато южнее Ладожско-Балтийского глинта; первый из них приурочен к известнякам, а второй - к песчаникам; эти горизонты прослеживаются в юго-западной части города в Красносельском районе;
- ломоносовский водоносный горизонт вскрывается в песчаниках, его нижним водоупором служат верхнекотлинские глины венда, а верхним - нижнекембрийские синие глины лонговаского горизонта; однако в южной части города, где глинистая толща верхнего водоупора отсутствует в разрезе, ломоносовский водоносный горизонт перекрывается четвертичными отложениями;

- нижнекотлинский (гдовский) водоносный горизонт приурочен к песчаникам котлинской свиты венда, распространен повсеместно, начиная от северных границ города и области и далее в южном направлении за пределы Ленинградской области (ТСН 50-302-2004 Санкт-Петербург).

Образование водоносных горизонтов связано с тектоническими процессами, которые происходили на территории Санкт-Петербурга в прошлом. В результате этих процессов образовались различные слои грунта, которые имеют разную проницаемость и способность задерживать воду.

Изучение и понимание водоносных горизонтов являются ключевыми для эффективного управления подземными водными ресурсами в Санкт-Петербурге. Они помогают определить оптимальные места для бурения скважин, планировать строительство инфраструктуры и принимать меры по защите подземных вод от загрязнений.

ГЛАВА 3 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ИССЛЕДУЕМОМ УЧАСТКЕ

3.1 Местоположение участка работ

В административном-территориальном (рис.10 и 11) и участок проектируемого строительства расположен по адресу: г. Санкт-Петербург, Приморский район, Глухарская улица, участок № 20 (севернее пересечения с Планерной улицей).

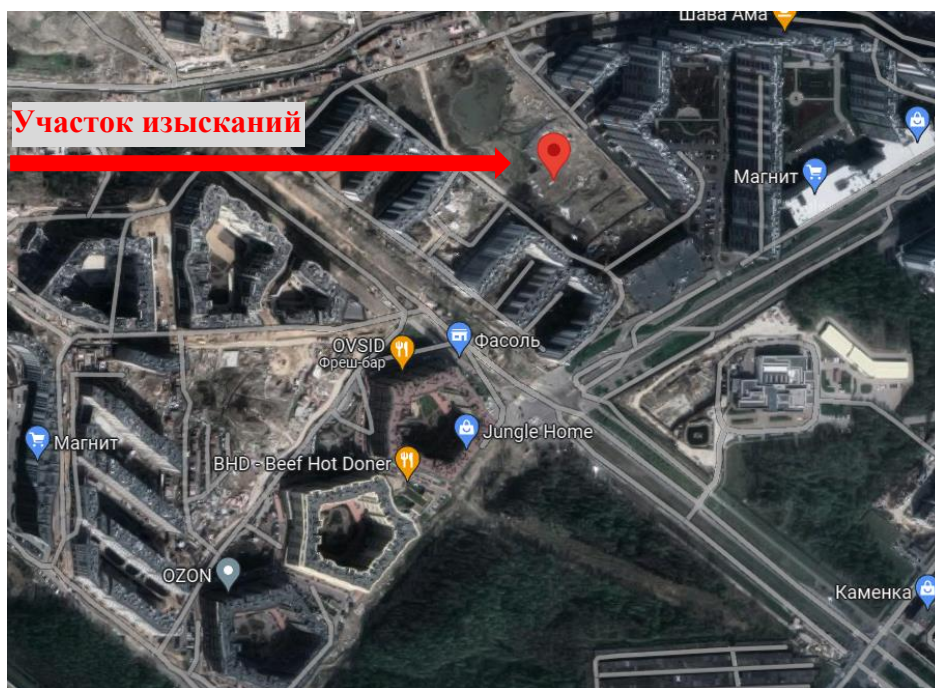


Рисунок 10. Участок, на котором будет выполнено строительство ДОУ (Google Maps)

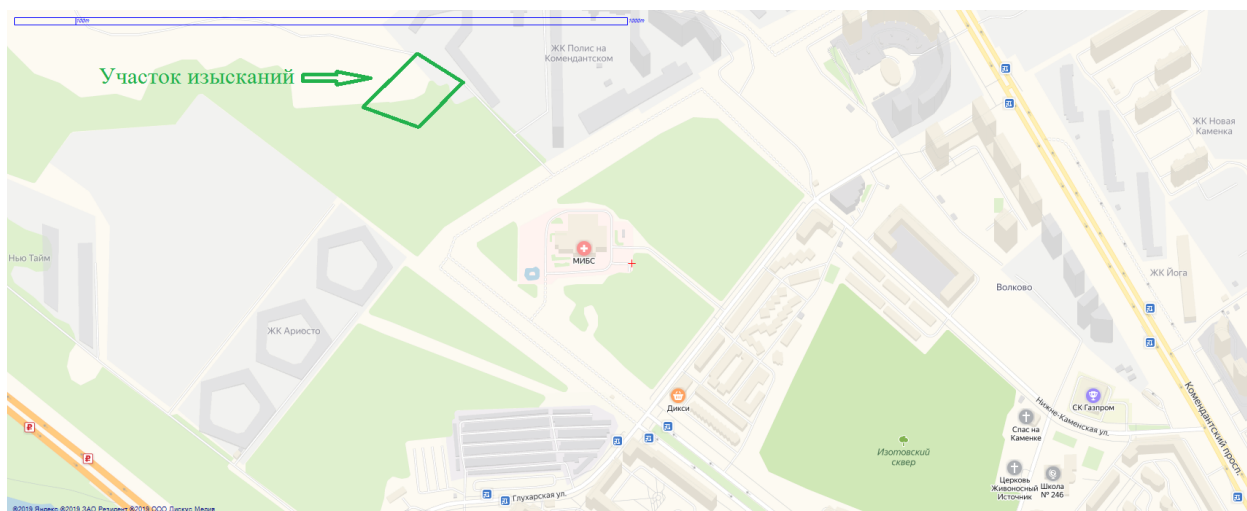


Рисунок 11 – Местоположение участка изысканий

3.2 Рельеф и гидрография

Участок изысканий представляет собой территорию строительного городка, огороженную по периметру бетонным забором, с организованными для строительства временными проездами и бытовками. С северо-восточной стороны от участка работ находится строящийся жилой комплекс Полис на Комендантском. Поверхность относительно ровная, отсыпана насыпными грунтами и строительным мусором. С западной стороны наблюдается отвал грунта. Площадка изысканий частично дренирована канавами.

Абсолютные отметки поверхности изменяются от 7,20 до 9,60 м (по устьям пройденных выработок).

К северу от участка проектируемого строительства (в 1,50 км от крайней северной точки участка) протекает р. Каменка.

3.3. Климатические условия

Рассматриваемая территория характеризуется умеренным избыточно-влажным климатом с неустойчивым режимом погоды и, в соответствии с СП 131.13330.2018, относится ко II В подрайону по климатическому районированию России и II типу местности по характеру и степени увлажнения.

На климатические условия рассматриваемой территории оказывают влияние внутренние водоемы (Финский залив и Ладожское озеро). В целом, климат характеризуется как близкий к морскому, умеренно холодный, влажный, с умеренно теплым влажным летом и довольно продолжительной умеренно холодной зимой. Ветры южных, юго-западных и западных направлений приносят теплый и влажный атлантический воздух. Частая смена различных воздушных масс является причиной неустойчивой и переменчивой погоды на данной территории. Это может проявляться в частых изменениях погодных условий, таких как смена между солнечной погодой и осадками, а также изменениями в температуре и влажности в течение коротких промежутков времени (Технический отчет, 2022 г.).

Климат характеризуется четырехсезонной структурой. Самый холодный месяц – февраль, самый теплый – июль.

Большое влияние на климат оказывают ветры, которые приносят в город воздух часто из областей с другими климатическими условиями. В районе работ в осенне-зимний период (сентябрь-март) преобладают ветра южного и юго-западного направлений, в весенне-летний период (апрель-август) – западные ветры. Среднегодовая скорость ветра за период 1971-2015 гг. составляет 2,2 м/с (Технический отчет, 2022 г.).

Наибольшее количество осадков за месяц по м.ст. Санкт-Петербург составляет 215 мм (август 1933 г.), наименьшее - 1 мм (март 1923 г.). Суточный максимум осадков по м.ст. Санкт-Петербург (Ленинград) составил 76 мм (8.08.1947 г.).

Средне годовое парциальное давление водяного пара, содержащегося в воздухе, составляет 7,8 гПа. В течение года парциальное давление водяного пара изменяется от 3,2 гПа до 14,6 гПа. Средняя годовая относительная влажность воздуха составляет 78%.

Снежный покров появляется обычно в среднем 11 ноября, но он, как правило, держится недолго. Устойчивый снежный покров образуется в конце ноября и разрушается в конце марта. Окончательно снег сходит обычно в начале апреля. Высота снежного покрова достигает максимума обычно в феврале-марте. Наибольшая за зиму мощность снежного покрова может достигать 73 см. Среднее число дней со снежным покровом – 118.

Рассматриваемая территория расположена в сейсмически спокойном районе, однако слабые толчки отмечались в разные годы (3-4 балла). Сейсмическая активность района, согласно СП 14.13330.2018, составляет 5 баллов.

3.4. Методика и технология выполнения работ

В процессе проведения полевых работ было пробурено 6 скважин колонковым способом глубиной 25,0 м, отобраны монолиты и образцы грунта ненарушенного и нарушенного сложения, а также пробы воды. Для уточнения инженерно-геологического разреза и определения несущей способности сваи-стойки на рассматриваемой площадке было выполнено статическое зондирование.

На этапе лабораторных исследований основными задачами были определения физико-механических свойств грунтов и гранулометрического состава, которые проводились согласно действующим нормативным документам, также определение деформационных характеристик, химического состава грунтовых вод, а также их коррозионной агрессивности по отношению к бетонным конструкциям сооружения. \

В ходе камеральной обработки результатов изысканий и лабораторных исследований основной задачей было выделение инженерно-геологических элементов (ИГЭ) в разрезе участка работ (Приложение 1 и 2). Кроме того, были созданы и оформлены текстовые, графические приложения.

3.5 Геолого-геоморфологическое строение

Как отмечалось ранее, в геоморфологическом отношении рассматриваемая территория располагается на территории Приморской низины.

Геологическое строение исследуемого участка до глубины 25,00 м представлено современными техногенными (t IV) образованиями, верхнечетвертичными озерно-ледниковыми (lg III) и ледниковыми (g III) отложениями, среднечетвертичными озерно-ледниковыми (lg II) отложениями.

Почвенно-растительный слой на момент проведения изысканий отсутствует.

Четвертичная система – Q

Современные отложения – Q IV

Техногенные образования – t IV

Современные техногенные образования представлены насыпными грунтами слежавшимися. На момент проведения изысканий техногенные образования (t IV) вскрыты повсеместно на исследуемой территории. Залегают с поверхности, мощность составляет 3,40-4,60 м.

Верхнечетвертичные отложения – Q III

Озерно-ледниковые отложения - lg III

Верхнечетвертичные озерно-ледниковые отложения распространены повсеместно на участке изысканий и залегают под современными техногенными образованиями на глубинах 3,40-4,60 м, в толще ледниковых отложений на глубинах 9,80-10,50 м, общая мощность отложений составляет 4,90-10,30 м. Отложения представлены супесями пластичными, песками пылеватыми средней плотности и плотными, глинами полутвердыми.

Ледниковые отложения – g III

Верхнечетвертичные ледниковые отложения вскрыты повсеместно на участке изысканий и залегают под верхнечетвертичными озерно-ледниковыми отложениями на глубинах 6,50-8,90 м, также на глубинах 12,80-18,30 м, общая мощность отложений составляет 3,50-10,90 м. Отложения представлены супесями пластичными и твердыми, суглинками твердыми.

Среднечетвертичные отложения – Q II

Озерно-ледниковые отложения – lg II

Среднечетвертичные озерно-ледниковые отложения вскрыты повсеместно на участке изысканий и залегают под верхнечетвертичными ледниковыми отложениями на глубинах 17,30-19,50 м, вскрытая мощность отложений составляет 5,50-7,70 м. Отложения представлены глинами твердыми.

3.6 Гидрогеологические условия

Гидрогеологические условия участка работ на глубину бурения до 25,0 м характеризуются наличием безнапорных и напорных подземных вод, которые принадлежат комплексу четвертичных отложений.

В верхней части разреза развиты безнапорные подземные воды, которые приурочены к современным (t IV) насыпным грунтам (ИГЭ 1), озерно-ледниковым (lg III) пескам пылеватым (ИГЭ 3, 3а), а также к прослоям песков в глинистых грунтах озерно-ледникового (lg III) генезиса. В период буровых работ (март 2022 г.) подземные воды вскрыты на глубине 0,50 м.

При вскрытии кровли песков пылеватых (ИГЭ 3, 3а), залегающих на глубинах 3,4-4,7 м под толщей современных техногенных насыпных грунтов в верхней части озерно-ледниковых отложений, отмечался местный напор в 1 м.

Питание подземных вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков. Разгрузка осуществляется в р. Каменка, протекающую в около 1,5 км к северу от участка изысканий.

Напорные подземные воды, приуроченные к верхнечетвертичным озерно-ледниковым (lg III) пескам пылеватым плотным (ИГЭ 3а), вскрыты на глубинах 5,4 - 6,1 м (абс. отм. от 1,1 до 2,7 м). Установившийся уровень зафиксирован на глубинах 2,4 - 3,7 м (абс.отм. 4,8 - 5,3 м). Величина напора составляет 2,3 - 3,7 м. Верхним относительным водоупором являются верхнечетвертичные озерно-ледниковые (lg III) супеси пластичные (ИГЭ 2), нижним водоупором являются верхнечетвертичные озерно-ледниковые (lg III) супеси пластичные (ИГЭ 2) и ледниковые (g III) супеси пластичные (ИГЭ 4).

Напорные подземные воды, приуроченные к верхнечетвертичным озерно-ледниковым (lg III) пескам пылеватым плотным (ИГЭ 6), вскрыты на глубинах 11 - 13,7 м (абс. отм. от минус 5 до минус 1,6 м). Установившийся уровень зафиксирован на глубине 0,5 м (абс.отм. 6,70 - 9,10 м). Величина напора составляет 10,5 - 13,2 м. Верхним относительным водоупором являются верхнечетвертичные ледниковые (g III) супеси пластичные (ИГЭ 5) и озерно-ледниковые (lg III) супеси пластичные (ИГЭ 7), нижним относительным водоупором являются верхнечетвертичные озерно-ледниковые (lg III) супеси пластичные (ИГЭ 7), глины полутвердые (ИГЭ 8) и ледниковые (g III) суглинки твердые (ИГЭ 9).

Безнапорные и напорные воды, приуроченные к верхнечетвертичным озерно-ледниковым (lg III) пескам пылеватым плотным (ИГЭ 6) имеют общую пьезометрическую поверхность.

Химический анализ безнапорных и напорных подземных вод представлен в Приложение 6.

3.7 Физико-механические свойства грунтов

По результатам выполненных работ, в соответствии с требованиями ГОСТ 20522-2012 и ГОСТ 25100-2011, на исследуемом участке выделено 12 инженерно-геологических элементов (далее ИГЭ). Они выделялись на основе возраста, показателей свойств и состава, генезиса, а также текстурно-структурных особенностей (Приложение 4).

Четвертичная система – Q

Современные отложения – Q IV

Техногенные образования – t IV

ИГЭ 1 – Насыпные грунты: супеси пластичные, суглинки мягкопластичные и тугопластичные, перемешанные с песками разной крупности, со строительным мусором (обломки кирпичей, бетона, древесины, осколки стекол и керамики, лом железа, куски резины), до 15-20%, с растительными остатками (Технический отчет, 2022). Распространены повсеместно. Залегают с поверхности, мощность составляет 3,4-4,6 м. Образование насыпных грунтов на исследуемой площадке связано с планировкой территории при строительстве жилых комплексов на прилегающих участках.

Верхнечетвертичные отложения – Q III

Озерно-ледниковые отложения - lg III

ИГЭ 2 – Супеси пылеватые пластичные, ожелезненные, коричневатые-серые, с прослойками песков пылеватых, водонасыщенных, присутствует редкий гравий изверженных пород. Распространены повсеместно. Залегают под современными техногенными образованиями на глубинах 3,9-5,9 м, мощность изменяется от 0,4 до 5 м.

ИГЭ 3 – Пески пылеватые, средней плотности, неоднородные, коричневатые-серые, с пятнами ожелезнения, водонасыщенные. Залегают на глубинах 4,1 – 4,7 м, мощность изменяется от 0,5 до 1,4 м.

ИГЭ 3а – Пески пылеватые, плотные, неоднородные, коричневатые-серые, с пятнами ожелезнения, водонасыщенные. Имеют широкое распространение. Залегают на глубинах 3,4 – 6,1 м, мощность изменяется от 0,5 до 1 м.

ИГЭ 6 – Пески пылеватые, плотные, неоднородные, серые, водонасыщенные, с прослойками супесей пластичных. Залегают под верхнечетвертичными ледниковыми отложениями на глубинах 11-13,7 м, мощность изменяется от 0,5 до 3,3 м.

ИГЭ 7 – Супеси пылеватые пластичные, коричневые, с прослойками песков пылеватых, водонасыщенных. Залегают на глубинах 11,7-13,7 м, мощность изменяется от 1,3 до 2 м.

ИГЭ 8 – Глины легкие пылеватые полутвердые, с прослоями твердых, слоистые, коричневые, с прослойками песков пылеватых, влажных. Залегают на глубинах 13,9-16,7 м, мощность изменяется от 1,5 до 2,3 м.

Стоит отметить, в верхнечетвертичных озерно-ледниковых супесях пластичных, ожелезненных (ИГЭ 2), отмечена способность к тиксотропным превращениям, которая выражается в переходе этих грунтов в более текучее состояние под воздействием динамических нагрузок, а после прекращения – в частичном восстановлении своей структуры и прочности.

Ледниковые отложения – g III

ИГЭ 4 – Супеси песчанистые пластичные ($IL > 0,5$), серовато-коричневые, с линзами и гнездами песков пылеватых и мелких, водонасыщенных, с гравием и галькой изверженных пород до 10-15%. Залегают под верхнечетвертичными озерно-ледниковыми отложениями на глубинах 6,5-8,9 м, мощность изменяется от 1,6 до 4 м.

ИГЭ 5 – Супеси песчанистые пластичные ($IL < 0,5$), серовато-коричневые, с линзами и гнездами песков пылеватых и мелких, влажных, с гравием и галькой изверженных пород до 10%. Распространены повсеместно. Залегают на глубинах 9,8-10,5 м (абс. отм. кровли от минус 2,6 до минус 0,9 м), мощность изменяется от 0,5 до 1,6 м.

ИГЭ 9 – Суглинки легкие пылеватые твердые, коричневые, с линзами и гнездами песков пылеватых и мелких, влажных, с гравием и галькой изверженных пород до 10%, с отдельными валунами. Залегают на глубинах 12,8-13,9, мощность изменяется от 1,1 до 1,9 м.

ИГЭ 10 – Супеси пылеватые твердые, коричневато-серые, с линзами и гнездами песков пылеватых и мелких, влажных, с гравием и галькой изверженных пород до 10-15%, с отдельными валунами. Залегают на глубинах 14,7-18,3 м, мощность изменяется от 1 до 4,8 м.

Среднечетвертичные отложения – Q II

Озерно-ледниковые отложения – lg II

ИГЭ 11 – Глины легкие пылеватые твердые, коричневые, с прослойками песков пылеватых, влажных, с редким гравием изверженных пород. Залегают на глубинах 17,3 – 19,5 м, вскрытая мощность изменяется от 5,5 до 7,7 м.

В соответствии с таблицами В.3, В.4, Г.2 СП 28.13330.2017 безнапорные подземные воды по содержанию сульфатов для портландцемента слабоагрессивны к бетону марок W4, W6. К бетону марки W8 и к арматуре железобетонных конструкций при постоянном погружении и периодическом смачивании подземные воды неагрессивны.

В соответствии с таблицами В.1, В.4, Г.2 СП 28.13330.2017 напорные подземные воды по отношению к бетону всех марок и к арматуре железобетонных конструкций при постоянном погружении и периодическом смачивании неагрессивны.

В соответствии с таблицами В.1 и В.2 СП 28.13330.2017 грунты по содержанию сульфатов для портландцемента слабоагрессивны к бетону марки W4, неагрессивны к бетону марок W6, W8 и к арматуре в железобетонных конструкциях.

В соответствии с ГОСТ 9.602-2005 грунты по отношению к свинцовой оболочке кабеля обладают средней степенью коррозионной агрессивности по водородному показателю и содержанию нитрат-ионов. По отношению к алюминиевой оболочке кабеля грунты обладают высокой степенью коррозионной агрессивности по содержанию хлор-ионов и средней степенью коррозионной агрессивности по водородному показателю. Грунты обладают высокой степенью коррозионной агрессивности по отношению к конструкциям из углеродистой и низколегированной стали. Результаты определений агрессивных и коррозионных свойств грунтов приведены в Приложении 5.

Результаты проведенных лабораторных исследований по определению гранулометрического состава и физических свойств грунтов приведены в таблицах 1-24. А также графики зависимости сопротивления срезу от нормального давления для определенных ИГЭ показаны на рисунках 12-19.

ИГЭ №1 - насыпные грунты, слежавшиеся.

Таблица 1. Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ 1

№ выработки	Глубина отбора, м		Зерновой состав, % при размере частиц, мм										
			Галька > 10	Гравий		Песок					Пыль		Глина <0,002
	от	до		10,0-5,0	5,0-2,0	2,0-1,0	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,002	
1	0,6	0,7	Включений > 2 мм -3,4%										
1	2	2,2	Включений > 2 мм - 3,3%										
2	1	1,1	Включений > 2 мм -3,2 %										
2	2,4	2,5		3,2	4	2,2	5,2	8,5	12,4	13,3	20,2	18,2	12,8
3	2	2,2	Включений > 2 мм - 0,7%										
3	3,6	3,7				0,5	0,5	0,7	1,7	9,1	22,8	35	29,7
4	0,6	0,7	Включений > 2 мм - 4,3%										
4	2	2,2	Включений > 2 мм -5,1 %										
4	3,3	3,4	Включений > 2 мм - 6,5%										
5	1	1,1	Включений > 2 мм -7,1 %										
6	1	1,2	Включений > 2 мм - 6,3 %										

Таблица 2. Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ 1

№ выработки	Глубина отбора, м		Влажность, доли ед.			Число пластичности, доли ед.	Показатель текучести, дол.ед.
			прир.	на границе			
	от	до		W	W _L	W _p	I _p
1	0,6	0,7	0,164	0,216	0,153	0,063	0,17
1	2	2,2	0,135	0,192	0,126	0,066	0,14
2	1	1,1	0,16	0,225	0,159	0,066	0,02
2	2,4	2,5	0,157	0,216	0,151	0,065	0,09
3	2	2,2	0,243	0,295	0,201	0,094	0,45
3	3,6	3,7	0,222	0,287	0,188	0,099	0,34
4	0,6	0,7	0,141	0,203	0,14	0,063	0,02
4	2	2,2	0,225	0,262	0,174	0,088	0,58
4	3,3	3,4	0,216	0,263	0,174	0,089	0,47
5	1	1,1	0,177	0,215	0,15	0,065	0,42
6	1	1,2	0,141	0,191	0,128	0,063	0,21

ИГЭ №2 - пылеватые пластичные, железненные.

Таблица 3. Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ 2

№ выработки	Глубина отбора, м		Зерновой состав, % при размере частиц, мм										
			Галька > 10	Гравий		Песок					Пыль		Глина <0,002
	от	До		10,0-5,0	5,0-2,0	2,0-1,0	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,002	
1	4,6	4,8				0,1	0,7	2,9	5,7	10,7	45,3	22,9	11,7
1	6,8	7				0,1	0,5	1,7	3,6	10,4	44,5	21,6	17,6
2	4,3	4,5				0,2	0,7	1	2,5	6,8	34,3	35,9	18,6
2	7	7,2											
3	5,8	6					0,1	0,3	0,9	7,2	47,9	23,9	19,7
3	7	7,2				0,2	0,6	1,1	3,5	12,6	57,5	5,5	19
3	8,6	8,8				0,1	0,5	2,7	5	14,3	38,7	22,1	16,6
4	5,4	5,6											
6	4,2	4,4											
6	5,2	5,4											
Среднее значение						0,1	0,5	1,6	3,5	10,3	44,8	22	17,2

Таблица 4. Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ 2

№ выработки	Глубина отбора, м		Плотность, г/см ³	Коэффициент пористости, доли ед.	Влажность, доли ед.			Число пластичности, доли ед.	Показатель текучести, доли ед.
					прир.	на границе			
	от	до	ρ	e		W	W _L	W _P	I _p
1	4,6	4,8	2,02	0,65	0,236	0,261	0,204	0,057	0,56
1	6,8	7	2,04	0,62	0,227	0,254	0,188	0,066	0,59
2	4,3	4,5	2,01	0,66	0,238	0,267	0,202	0,065	0,55
2	7	7,2	2,01	0,65	0,235	0,262	0,197	0,065	0,58
3	5,8	6	2,00	0,671	0,239	0,278	0,216	0,062	0,37
3	7	7,2	2,04	0,601	0,217	0,262	0,198	0,064	0,3
3	8,6	8,8	2,02	0,64	0,232	0,256	0,198	0,058	0,59
4	5,4	5,6	2,01	0,66	0,241	0,265	0,208	0,057	0,58
6	4,2	4,4	2,02	0,64	0,229	0,263	0,195	0,068	0,5
6	5,2	5,4	2,03	0,62	0,225	0,255	0,189	0,066	0,55
Среднее значение			2,02	0,64	0,232	0,262	0,199	0,063	0,52

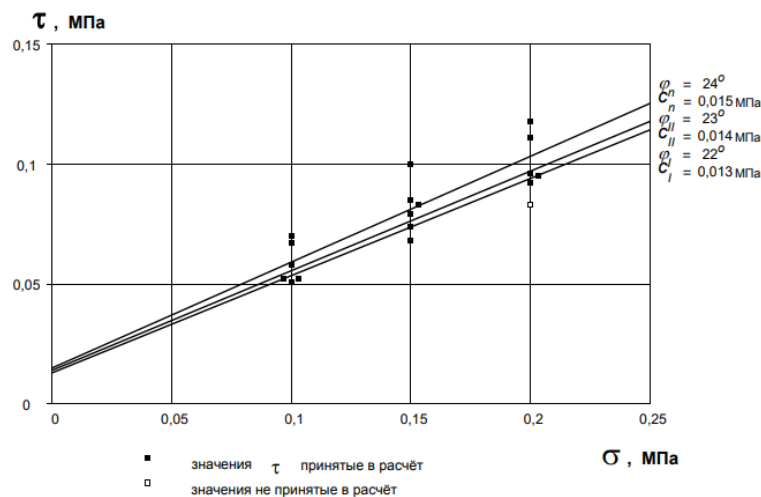


Рисунок 12 - График зависимости сопротивления срезам от нормального давления ИГЭ 2.

ИГЭ №3 - пески пылеватые, средней плотности.

Таблица 5. Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ 3

№ выработки	Глубина отбора, м		Зерновой состав, % при размере частиц, мм										
			Галька	Гравий		Песок					Пыль		Глина
	от	до	> 10	10,0-5,0	5,0-2,0	2,0-1,0	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,002	<0,002
4	4,8	4,9					0,1	0,3	1,3	50,3	38,2	8,1	1,7
5	4,2	4,4						0,1	0,4	48,4	42,3	7,3	1,5
5	4,7	4,9						0,1	0,6	47,5	43,6	6,5	1,7
5	5,2	5,4					0,1	0,1	0,5	50,2	41,6	6,6	0,9
Среднее значение							0,1	0,2	0,7	49	41,4	7,1	1,5

Таблица 6. Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ 3

№ выработки	Глубина отбора, м		Плотность, г/см ³	Коэффициент пористости, доли ед.	Природная влажность, доли ед.
	от	до			
4	4,8	4,9			
5	4,2	4,4	2	0,652	0,24
5	4,7	4,9	2	0,642	0,237
5	5,2	5,4	2	0,652	0,245
Среднее значение			2	0,652	0,241

ИГЭ №3а - пески пылеватые, плотные.

Таблица 7. Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ 3а

№ выработки	Глубина отбора, м		Зерновой состав, % при размере частиц, мм										
			Галька	Гравий		Песок					Пыль		Глина
	от	до	> 10	10,0-5,0	5,0-2,0	2,0-1,0	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,002	<0,002
1	3,8	4					0,1	0,1	1,6	50,8	36,3	6,3	4,8
1	5,7	5,8					0,1	0,1	1,8	50,3	40,2	6,5	1
4	6,4	6,6					0,2	0,3	1,5	51,2	37,7	7,6	1,5
5	6,2	6,4					0,2	0,7	2,4	42,8	46,3	6,5	1,1
6	3,7	3,8				0,1	0,4	1,3	5,5	42,1	42,2	5,3	3,1
6	6,2	6,3					0,1	0,2	2,6	43,8	46,5	6,3	0,5
6	6,9	7					0,1	0,3	2,7	44,2	47,2	5,1	0,4
Среднее значение							0,2	0,4	2,6	46,5	42,3	6,2	1,8

Таблица 8. Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ За

№ выработки	Глубина отбора, м		Плотность, г/см ³ ρ	Коэффициент пористости, доли ед. e	Природная влажность, доли ед. W
	от	до			
1	3,8	4	2,06	0,547	0,2
1	5,7	5,8			
4	6,4	6,6	2,06	0,556	0,205
5	6,2	6,4	2,06	0,556	0,203
6	3,7	3,8			
6	6,2	6,3			
6	6,9	7			
Среднее значение			2,06	0,556	0,203

ИГЭ №4 - супеси песчанистые пластичные ($I_L > 0,50$).

Таблица 9. Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ 4

№ выработки	Глубина отбора, м		Зерновой состав, % при размере частиц, мм										
			Галька	Гравий		Песок				Пыль		Глина	
	от	До	> 10	10,0-5,0	5,0-2,0	2,0-1,0	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,002	<0,002
1	7,9	8,1	2,6	2,6	3,8	3,8	6,7	11,5	16	17,8	14,3	8,2	12,7
1	8,6	8,8			1,1	3	6,1	10,5	14,8	25,3	16,1	10,3	12,8
1	9,6	9,8		3,8	6,6	2,9	6,8	11,8	15,7	18,1	12,7	8,9	12,7
2	9,2	9,4	1,9	2	3,4	2,4	6,6	11	15,5	13,5	15,8	11,7	16,2
2	10,2	10,4	Включений > 2 мм - 4,8 %										
3	10	10,2											
4	7	7,2	10,6	4	5,8	2,5	4,6	8	12	16,5	15,6	9,2	11,2
4	9,3	9,5		3	4,2	3	5,4	9,1	13,9	16,1	21	14,3	10
5	9	9,2	Включений > 2 мм - 9,5 %										
6	8	8,2	Включений > 2 мм - 10,5 %										
Среднее значение			2,5	2,6	4,1	2,9	6	10,3	14,6	18,1	15,9	10,4	12,6

Таблица 10. Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ 4

№ выработки	Глубина отбора, м		Плотность, г/см ³	Коэффициент пористости, доли ед.	Влажность, доли ед.			Число пластичности, доли ед.	Показатель текучести, доли ед.
					прир.	на границе			
	W	W _L				W _P	I _p		
	от	до	ρ	e	W	W _L	W _P	I _p	I _L
1	7,9	8,1	2,28	0,307	0,112	0,125	0,09	0,035	0,63
1	8,6	8,8	2,29	0,295	0,107	0,124	0,087	0,037	0,54
1	9,6	9,8	2,29	0,295	0,107	0,12	0,081	0,039	0,67
2	9,2	9,4	2,26	0,327	0,118	0,131	0,089	0,042	0,69
2	10,2	10,4	2,24	0,347	0,126	0,136	0,099	0,037	0,73
3	10	10,2	2,26	0,327	0,12	0,133	0,093	0,04	0,67
4	7	7,2	2,26	0,327	0,118	0,132	0,094	0,038	0,63
4	9,3	9,5	2,26	0,327	0,119	0,13	0,096	0,034	0,68
5	9	9,2	2,27	0,32	0,116	0,128	0,093	0,035	0,66
6	8	8,2	2,27	0,314	0,115	0,129	0,087	0,042	0,67
Среднее значение			2,27	0,32	0,116	0,129	0,091	0,038	0,66



Рисунок 13 - График зависимости сопротивления срезам от нормального давления ИГЭ 4.

ИГЭ №5 - супеси песчанистые пластичные ($I_L < 0,50$).

Таблица 11. Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ 5

№ выработки	Глубина отбора, м		Зерновой состав, % при размере частиц, мм										
			Галька	Гравий		Песок				Пыль		Глина	
	от	до	> 10	10,0-5,0	5,0-2,0	2,0-1,0	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,002	<0,002
1	10,5	10,7	Включений > 2 мм - 9,6%										
1	11	11,2		1,5	2,8	3	6,3	11,1	15,8	17,6	14	12,1	15,8
2	10,8	11		1,3	2,7	3,3	6,5	12,3	16,2	18,1	13,6	11,8	14,2
3	11	11,2			2	1,4	5,1	9,7	13,2	29,2	18,1	9,2	12,1
4	10,4	10,6	1	2,1	3,2	4	5,8	12,8	15,5	16,2	13,6	11,5	14,3
4	10,8	11			2,2	0,3	1	2,6	7,1	21,5	28,8	15,8	20,7
5	10,6	10,8	1,1	1,6	1,6	3,4	4,6	10,5	17,6	19,2	13,2	11,8	15,4
6	10	10,2	Включений > 2 мм - 5,6%										
6	10,5	10,7	Включений > 2 мм - 7,3%										
6	11	11,2	Включений > 2 мм - 8,5%										
Среднее значение			0,4	1,1	2,4	2,6	4,9	9,8	14,2	20,3	16,9	12	15,4

Таблица 12. Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ 5

№ выработки	Глубина отбора, м		Плотность, г/см ³	Коэффициент пористости, доли ед.	Влажность, доли ед.			Число пластичности, доли ед.	Показатель текучести, доли ед.
					прир.	на границе			
	от	до	ρ	e		W	W _L	W _P	I _p
1	10,5	10,7	2,31	0,276	0,098	0,143	0,095	0,048	0,06
1	11	11,2	2,33	0,258	0,093	0,14	0,091	0,049	0,04
2	10,8	11	2,31	0,276	0,1	0,138	0,093	0,045	0,16
3	11	11,2	2,27	0,319	0,115	0,169	0,106	0,063	0,14
4	10,4	10,6	2,3	0,282	0,101	0,149	0,096	0,053	0,09
4	10,8	11	2,27	0,325	0,116	0,174	0,109	0,065	0,11
5	10,6	10,8	2,29	0,295	0,106	0,144	0,099	0,045	0,16
6	10	10,2	2,27	0,314	0,112	0,148	0,101	0,047	0,23
6	10,5	10,7	2,31	0,276	0,1	0,144	0,094	0,05	0,12
6	11	11,2	2,29	0,295	0,107	0,151	0,102	0,049	0,1
Среднее значение			2,3	0,288	0,105	0,15	0,099	0,051	0,12

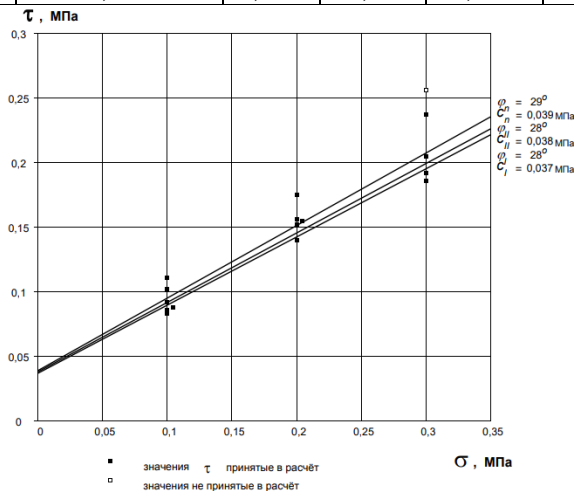


Рисунок 14 - График зависимости сопротивления срезам от нормального давления ИГЭ 5

ИГЭ №6 - пески пылеватые, плотные.

Таблица 13. Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ 6

№ выработки	Глубина отбора, м		Зерновой состав, % при размере частиц, мм										
			Галька > 10	Гравий		Песок					Пыль		Глина <0,002
	от	До		10,0-5,0	5,0-2,0	2,0-1,0	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,002	
1	12	12,2				0,3	1,2	1,1	1,3	60,4	19,3	12,1	4,3
2	12	12,2				0,3	1,2	1,5	1,3	52,3	26,5	12	4,9
3	13,6	13,7				0,1	0,3	0,5	0,8	27	58,5	9,3	3,5
4	11,5	11,6				0,4	1,3	0,9	1,2	60,5	19	11,9	4,8
4	13,9	14						0,1	1,1	40,2	49	6,1	3,5
4	14,9	15				0,3	1	1,1	1	26,6	53,1	11,5	5,4
4	16,3	16,4				0,4	0,6	0,5	0,7	30,4	53,9	9,6	3,9
5	11,2	11,3				0,1	0,2	0,3	1,6	32,2	52,3	9,1	4,2
5	11,6	11,8				0,1	0,3	0,4	1,7	33,6	51,5	8,8	3,6
6	11,5	11,6				0,3	1,5	1,1	1,3	60,2	20,1	12,1	3,4
Среднее значение						0,2	0,8	0,8	1,2	42,2	40,3	10,3	4,2

Таблица 14. Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ 6

№ выработки	Глубина отбора, м		Плотность, г/см ³ ρ	Коэффициент пористости, доли ед. e	Природная влажность, доли ед. W
	от	до			
1	12	12,2	2,09	0,503	0,181
2	12	12,2	2,09	0,503	0,179
3	13,6	13,7			
4	11,5	11,6			
4	13,9	14			
4	14,9	15			
4	16,3	16,4			
5	11,2	11,3			
5	11,6	11,8	2,09	0,494	0,175
6	11,5	11,6			
Среднее значение			2,09	0,503	0,177

ИГЭ №7 - Супеси пылеватые пластичные.

Таблица 15. Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ 7

№ выработки	Глубина отбора, м		Зерновой состав, % при размере частиц, мм										
			Галька	Гравий		Песок			Пыль		Глина		
	от	До	> 10	10,0-5,0	5,0-2,0	2,0-1,0	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,002	<0,002
2	13,9	14,1						0,1	0,2	7,7	67,4	13,1	11,5
2	14,6	14,8						0,1	0,5	15,2	56,5	15	12,7
4	12	12,2											
4	12,6	12,8						0,1	0,3	11,3	60,5	14,6	13,2
4	13,4	13,6						0,1	0,2	10,8	63,2	12,9	12,8
5	12,4	12,6					0,1	0,1	0,4	15,7	55,8	14,6	13,3
5	13	13,2											
5	13,6	13,8						0,1	0,3	14,5	58,8	13,6	12,7
6	12,8	13											
6	13,6	13,8											
Среднее значение								0,1	0,3	12,5	60,4	14	12,7

Таблица 16. Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ 7

№ выработки	Глубина отбора, м		Плотность, г/см ³	Коэффициент пористости, доли ед.	Влажность, доли ед.			Число пластичности, доли ед.	Показатель текучести, доли ед.
					прир.	на границе			
	от	до	ρ	e		W	W _L	W _P	I _p
2	13,9	14,1	2,03	0,614	0,224	0,263	0,21	0,053	0,26
2	14,6	14,8	2,01	0,66	0,238	0,269	0,212	0,057	0,46
4	12	12,2	2,01	0,644	0,233	0,271	0,218	0,053	0,28
4	12,6	12,8	2,02	0,634	0,229	0,269	0,215	0,054	0,26
4	13,4	13,6	2,03	0,614	0,225	0,259	0,202	0,057	0,4
5	12,4	12,6	2,01	0,66	0,241	0,275	0,218	0,057	0,4
5	13	13,2	2,02	0,634	0,231	0,269	0,215	0,054	0,3
5	13,6	13,8	2,02	0,624	0,226	0,266	0,213	0,053	0,25
6	12,8	13	2,02	0,624	0,227	0,266	0,215	0,051	0,24
6	13,6	13,8	2,03	0,614	0,221	0,258	0,208	0,05	0,26
Среднее значение			2,02	0,634	0,229	0,266	0,213	0,053	0,3

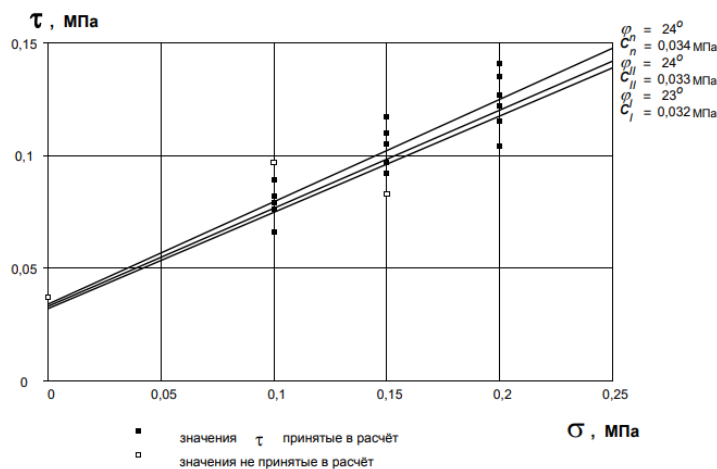


Рисунок 15 - График зависимости сопротивления срезам от нормального давления ИГЭ 7.

ИГЭ №8 - глины легкие пылеватые полутвердые.

Таблица 17. Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ 8

№ выработки	Глубина отбора, м		Зерновой состав, % при размере частиц, мм										
			Галька	Гравий		Песок				Пыль		Глина	
	от	До	> 10	10,0-5,0	5,0-2,0	2,0-1,0	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,002	<0,002
2	15,1	15,3					0,3	0,3	0,9	9,5	19,5	21,4	48,1
2	15,7	15,9											
3	14,6	14,8					0,2	0,3	1	7,8	18,9	22,2	49,6
3	15,2	15,3					0,1	0,1	0,7	10,9	16,5	27	44,7
3	15,8	16					0,1	0,2	0,6	9,8	17,6	26,5	45,2
3	16,5	16,7											
4	16,8	17					0,1	0,2	1,3	9,8	18,6	25,6	44,4
4	17,4	17,6											
4	18	18,2					0,1	0,2	0,6	9,6	17,8	25,3	46,4
5	14,6	14,8											
Среднее значение							0,1	0,2	0,8	9,6	17,9	25,3	46,1

Таблица 18. Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ 8

№ выработки	Глубина отбора, м		Плотность, г/см ³	Коэффициент пористости, доли ед.	Влажность, доли ед.			Число пластичности, доли ед.	Показатель текучести, доли ед.
					прир.	на границе			
	от	до	ρ	e		W	W _L	W _p	I _p
2	15,1	15,3	2,06	0,649	0,226	0,416	0,235	0,181	-0,05
2	15,7	15,9	2,03	0,693	0,242	0,413	0,227	0,186	0,08
3	14,6	14,8	2,02	0,704	0,247	0,418	0,234	0,184	0,07
3	15,2	15,3	2,05	0,663	0,232	0,402	0,224	0,178	0,04
3	15,8	16	2,02	0,704	0,245	0,414	0,231	0,183	0,08
3	16,5	16,7	2,04	0,673	0,234	0,405	0,226	0,179	0,04
4	16,8	17	2,03	0,689	0,24	0,41	0,225	0,185	0,08
4	17,4	17,6	2,04	0,685	0,235	0,424	0,229	0,195	0,03
4	18	18,2	2,04	0,673	0,236	0,402	0,227	0,175	0,05
5	14,6	14,8	2,08	0,61	0,210	0,412	0,228	0,184	-0,10
Среднее значение			2,03	0,683	0,239	0,411	0,228	0,183	0,06

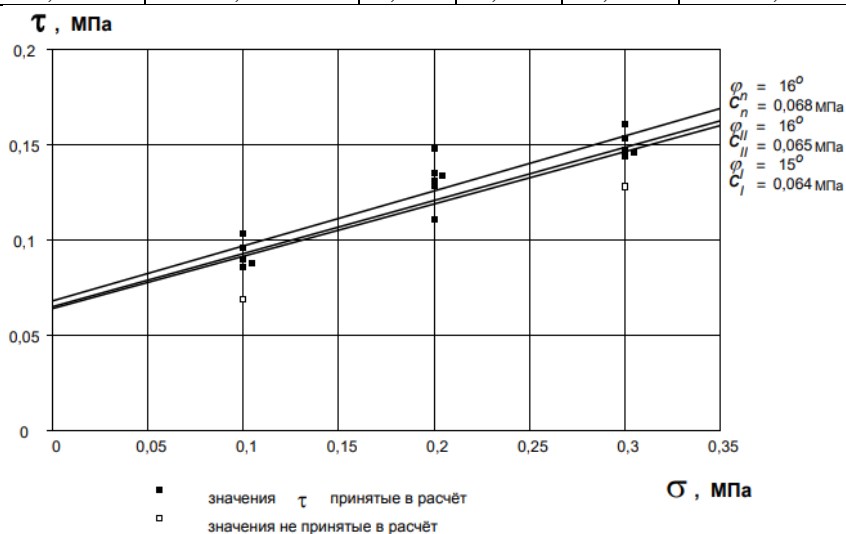


Рисунок 16 - График зависимости сопротивления срезам от нормального давления ИГЭ 8.

ИГЭ №9 - суглинки легкие пылеватые твердые.

Таблица 19. Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ 9

№ выработки	Глубина отбора, м		Зерновой состав, % при размере частиц, мм										
			Галька > 10	Гравий		Песок					Пыль		Глина <0,002
	от	До		10,0-5,0	5,0-2,0	2,0-1,0	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,002	
1	12,9	13		2,3	3,6	2,1	3,8	5,8	7,3	15,9	11,3	14	33,9
1	13,3	13,5	1,1	2,1	3,3	1,8	4,2	6,3	7,1	14,2	15,3	13,2	31,4
1	13,8	14		2	2,9	1,3	3,3	5,4	6,2	21,4	18,4	10,6	28,5
1	14,4	14,6	1,3	2,5	4,1	2,3	3,6	7,2	8,3	13,5	13,6	12,8	30,8
6	14	14,2	1	2,1	3,1	1,5	3,6	5,5	6,1	16,7	19,3	11,5	29,6
6	14,6	14,8	0,8	3,5	3,6	2,3	4,1	6,3	7,2	11,8	18	10,8	31,6
Среднее значение			0,7	2,4	3,4	1,9	3,8	6,1	7	15,6	16	12,2	30,9

Таблица 20. Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ 9

№ выработки	Глубина отбора, м		Плотность, г/см ³	Кэффициент пористости, доли ед.	Влажность, доли ед.			Число пластичности, доли ед.	Показатель текучести, доли ед.
					прир.	на границе			
	от	до	ρ	e		W	W_L	W_P	I_P
1	12,9	13	2,2	0,424	0,15	0,248	0,152	0,096	-0,02
1	13,3	13,5	2,21	0,409	0,145	0,262	0,159	0,103	-0,14
1	13,8	14	2,25	0,367	0,13	0,241	0,147	0,094	-0,18
1	14,4	14,6	2,23	0,388	0,135	0,246	0,151	0,095	-0,17
6	14	14,2	2,22	0,395	0,141	0,252	0,158	0,094	-0,18
6	14,6	14,8	2,23	0,388	0,135	0,247	0,154	0,093	-0,2
Среднее значение			2,22	0,395	0,139	0,249	0,154	0,095	-0,16

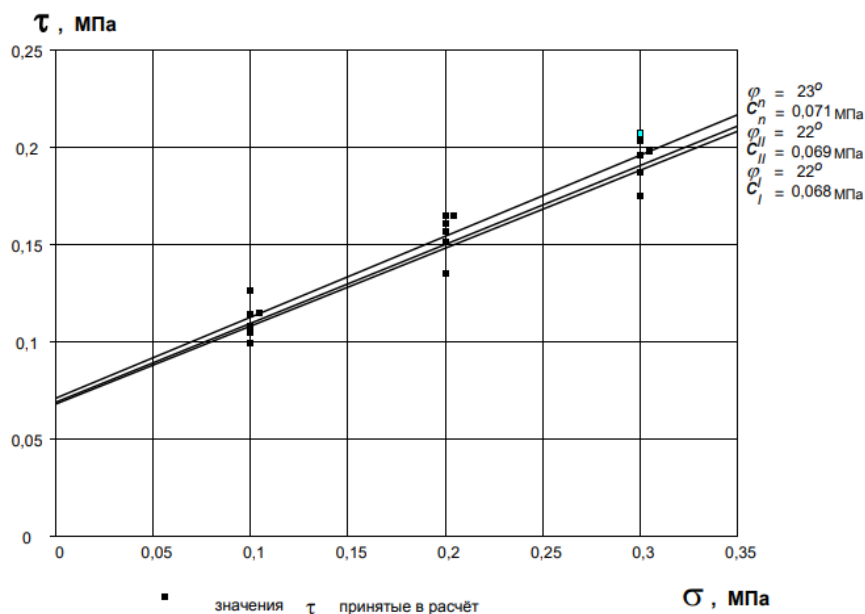


Рисунок 17 - График зависимости сопротивления срезу от нормального давления ИГЭ 9.

ИГЭ №10 - супеси пылеватые твердые.

Таблица 21. Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ 10

№ выработки	Глубина отбора, м		Зерновой состав, % при размере частиц, мм										
			Галька	Гравий		Песок			Пыль		Глина		
	от	До	> 10	10,0-5,0	5,0-2,0	2,0-1,0	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,002	<0,002
1	15	15,2		2,6	3,3	3,2	7,4	10,6	13,8	14,8	12,5	12,2	19,6
1	16,3	16,5		3,7	4,7	2,8	6	10,4	14	15,4	12,8	11,6	18,6
1	18,6	18,7	6,1	3	4,1	1,8	5,5	10,6	13,5	15,8	12	10,8	16,8
2	16,7	16,8	1,4	4,2	4,9	1,5	5,2	9,3	13,4	10,4	13,5	16,4	19,8
2	17,4	17,6	Включений > 2 мм - 10,5%										
3	17,2	17,5	5,7	3	3,4	2,2	5,7	9,9	13,6	15,1	11,5	11	18,9
4	19	19,2	2,6	3,3	4,2	2,5	6,1	10,3	13,6	14,5	12,6	12,3	18
5	17	17,2	Включений > 2 мм - 13,2%										
6	16,6	16,8	Включений > 2 мм - 11,6%										
6	18,4	18,6	Включений > 2 мм - 10,5%										
Среднее значение			2,6	3,3	4,1	2,3	6	10,2	13,7	14,3	12,5	12,4	18,6

Таблица 22. Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ 10

№ выработки	Глубина отбора, м		Плотность, г/см ³	Коэффициент пористости, доли ед.	Влажность, доли ед.			Число пластичности, доли ед.	Показатель текучести, доли ед.
					прир.	на границе			
	от	до	ρ	e		W	W_L	W_P	I_p
1	15	15,2	2,33	0,263	0,093	0,178	0,115	0,063	-0,35
1	16,3	16,5	2,34	0,257	0,091	0,172	0,113	0,059	-0,37
1	18,6	18,7	2,35	0,245	0,088	0,163	0,105	0,058	-0,29
2	16,7	16,8	2,34	0,251	0,09	0,184	0,118	0,066	-0,42
2	17,4	17,6	2,31	0,281	0,101	0,175	0,115	0,06	-0,23
3	17,2	17,5	2,36	0,234	0,085	0,159	0,104	0,055	-0,35
4	19	19,2	2,32	0,269	0,096	0,176	0,116	0,06	-0,33
5	17	17,2	2,32	0,275	0,097	0,175	0,115	0,06	-0,3
6	16,6	16,8	2,33	0,263	0,092	0,164	0,105	0,059	-0,22
6	18,4	18,6	2,35	0,245	0,087	0,161	0,103	0,058	-0,28
Среднее значение			2,34	0,257	0,092	0,171	0,111	0,06	-0,32

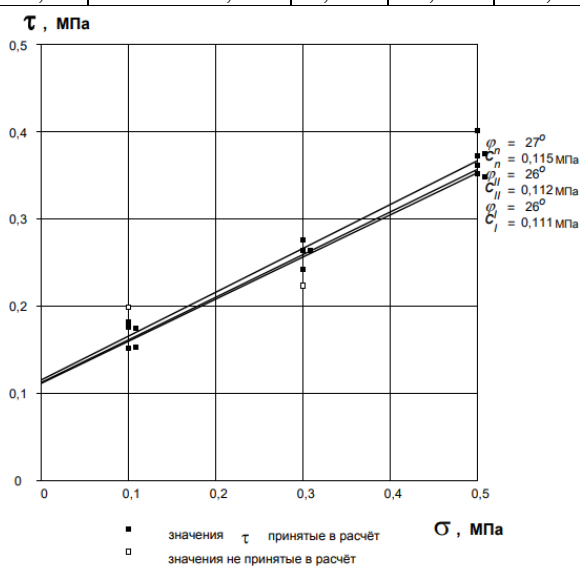


Рисунок 18 - График зависимости сопротивления срезу от нормального давления ИГЭ 10

ИГЭ №11 - глины легкие пылеватые твердые.

Таблица 23. Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ 11

№ выработки	Глубина отбора, м		Зерновой состав, % при размере частиц, мм										
			Галька	Гравий		Песок			Пыль		Глина		
	от	До	> 10	10,0-5,0	5,0-2,0	2,0-1,0	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,002	<0,002
1	20,4	20,6				0,2	0,2	0,1	0,3	7,4	2,1	30,4	59,3
1	22	22,2											
1	23,8	24				0,4	0,7	1	1,9	9,5	2,7	25,9	57,9
1	24,7	24,9				0,9	0,8	1,7	1,9	12,5	8,7	24,3	49,2
2	18	18,2											
2	21	21,2											
2	24,8	25											
3	20	20,2											
3	24,8	25											
4	20,5	20,7				0,2	0,5	0,8	1,2	7,3	4,1	37,2	48,7
4	22,3	22,5				0,3	0,6	1,2	1,9	8,2	6,6	30,2	51
4	23,6	23,8											
4	24,8	25				0,2	0,3	0,7	1,3	8,3	6,4	31,2	51,6
5	19	19,2											
5	21,6	21,8											
5	24,8	25											
6	20,4	20,6											
6	24,8	25											
Среднее значение						0,4	0,5	0,9	1,4	8,9	5,1	29,9	52,9

Таблица 24. Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ 11

№ выработки	Глубина отбора, м		Плотность, г/см ³	Коэффициент пористости, доли ед.	Влажность, доли ед.			Число пластичности, доли ед.	Показатель текучести, доли ед.
					прир.	на границе			
	от	до	ρ	e		W	W _L	W _P	I _p
1	19,7	19,8	2,03	0,667	0,234	0,414	0,24	0,174	-0,03
1	20,4	20,6	1,96	0,817	0,285	0,522	0,318	0,204	-0,16
1	22	22,2	1,89	0,958	0,333	0,547	0,339	0,208	-0,03
1	23,8	24	2	0,742	0,259	0,459	0,269	0,19	-0,05
1	24,7	24,9	2,01	0,698	0,244	0,43	0,252	0,178	-0,04
2	18	18,2	1,99	0,771	0,265	0,501	0,302	0,199	-0,19
2	21	21,2	2,02	0,704	0,245	0,462	0,281	0,181	-0,2
2	24,8	25	2,04	0,679	0,235	0,457	0,266	0,191	-0,16
3	20	20,2	1,98	0,776	0,271	0,485	0,293	0,192	-0,11
3	24,8	25	1,99	0,771	0,265	0,498	0,295	0,203	-0,15
4	20,5	20,7	2,05	0,653	0,231	0,458	0,277	0,181	-0,25
4	22,3	22,5	2,03	0,689	0,241	0,464	0,274	0,19	-0,17
4	23,6	23,8	2	0,759	0,262	0,495	0,292	0,203	-0,15
4	24,8	25	2,04	0,679	0,237	0,486	0,288	0,198	-0,26
5	19	19,2	1,93	0,878	0,302	0,535	0,331	0,204	-0,14
5	21,6	21,8	1,94	0,853	0,295	0,531	0,327	0,204	-0,16
5	24,8	25	1,9	0,951	0,329	0,546	0,336	0,21	-0,03
6	20,4	20,6	1,99	0,764	0,265	0,466	0,273	0,193	-0,04
6	24,8	25	2	0,742	0,261	0,462	0,27	0,192	-0,05
Среднее значение			1,99	0,764	0,266	0,485	0,291	0,194	-0,13

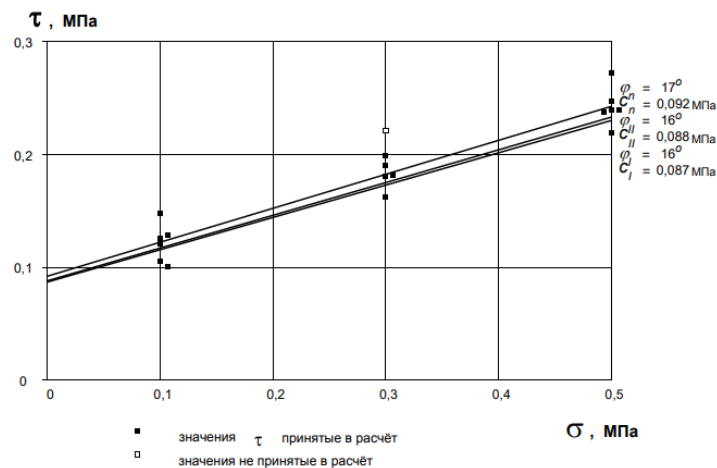


Рисунок 19 - График зависимости сопротивления срезам от нормального давления ИГЭ 11

3.8 Специфические грунты

Согласно СП 11-105-97, Часть III, к специфическим грунтам на исследованном участке относятся насыпные грунты, слежавшиеся (ИГЭ 1).

Насыпные грунты слежавшиеся представлены супесями пластичными, суглинками мягкопластичными и тугопластичными, перемешанными с песками разной крупности, со строительным мусором (обломки кирпичей, бетона, древесины, осколки стекол и керамики, лом железа, куски резины), до 15-20%, с растительными остатками. Срок отсыпки более 5 лет. Распространены повсеместно. Залегают с поверхности (абс. отм. кровли от 7,2 до 9,6 м), мощность составляет 3,4-4,6 м.

Насыпные грунты ИГЭ 1 в качестве основания фундамента не рекомендуются.

3.9. Геологические и инженерно-геологические процессы и явления

Участок работ, в соответствии с п. 5.4.8 СП 22.13330.2016, относится к естественно подтопленной территории. Среди мер по снижению вероятности подтопления территории за счёт грунтовых безнапорных и напорных подземных вод рекомендованы следующие защитные мероприятия скважин в соответствии с СП 116.13330.2012:

- Осуществление эффективных дренажных мероприятий при строительстве на потенциально подтапливаемых территориях, учитывающих негативные последствия при строительстве;
 - увеличение инфильтрационного питания;
 - разработка постоянно действующей геофильтрационной модели участка;
 - проведение мониторинга режима уровней грунтовых вод и напорных вод межморенного водоносного горизонта, прогностические оценки изменения гидрогеологических условий застраиваемой территории с целью: - предотвращения

прорывов подземных вод в котлованы и траншеи под здания и сооружения и, связанных с ними деформаций фундаментов и стен сооружений – в первую очередь, в районах интенсивной современной и перспективной жилой застройки города;

- обследование всех очагов выхода и прорывов подземных вод с выявлением генезиса поступающих вод, способов и причин их выхода на поверхность; - усовершенствование дренирования выявленных очагов подтопления территории, ликвидационный тампонаж бесхозных самоизливающих скважин;

В периоды года с отрицательными температурами в грунтах возникают процессы морозного пучения. По степени морозной пучинистости насыпные грунты (ИГЭ 1) относятся к средне пучинистым грунтам, супеси пластичные (ИГЭ 2) и пески пылеватые (ИГЭ 3, 3а) относятся к сильнопучинистым грунтам (ГОСТ 25100-2011). Все остальные разновидности грунтов залегают ниже глубины сезонного промерзания.

Рассматриваемая территория расположена в сейсмически спокойном районе, однако слабые толчки отмечались в разные годы (3-4 балла). Сейсмическая активность района, согласно СП 14.13330.2018, составляет 5 баллов.

ГЛАВА 4 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

4.1 Определение несущей способности сваи-стойки

В ходе дипломной работы прежде всего был выбран тип фундамента под строительство трехэтажного ДОУ. Учитывая, что верхняя часть разреза начинается со слабого слоя грунта (насыпной грунт), который не в состоянии выдержать большую нагрузку и не способен служить основанием для фундаментов мелкого заложения, то, чаще всего, прибегают к устройству свайного фундамента (СП 24.13330.2011).

Согласно техническому заданию на исследуемом участке предполагается строительство административного 3-х этажного здания на 180 мест, нагрузка на сваю – 100 тс.

Следующим шагом работы явился расчет несущей способности сваи-стойки с квадратным сечением 35х35 см и 40х40 см и длиной 15 м и 16,4 м соответственно. Для строительства ДОУ в качестве надежного опорного слоя для заглубления нижних концов свай рекомендуется использовать верхнечетвертичные ледниковые супеси пылеватые твердые (ИГЭ 10), залегающие на глубинах 14,70-18,30 м (абс. отм. кровли от минус 9,60 до минус 6,70 м), мощностью от 1,00 до 4,80 м. Сваи-стойки отображены на колонках скважин 1 и 5 (рис 16, 17). Остальные колонки представлены в Приложении 3.

Несущую способность F_d , тс определяется как расчетное сопротивление грунтов основания под нижним концом сваи по формуле:

$$F_d = \gamma_c RA,$$

Где:

γ_c – коэффициент условий работы сваи в грунте, принимаемый $\gamma_c = 1$;

A – площадь опирания на грунт сваи, 0,3, принимаемая для свай сплошного сечения равной площади поперечного сечения, а для свай полых круглого сечения и свай-оболочек – равной площади поперечного сечения нетто при отсутствии заполнения их полости бетоном и равной площади поперечного сечения брутто при заполнении этой полости бетоном на высоту не менее трех ее диаметров.

R - Расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи-стойки, кПа (тс/м²), следует принимать: для всех видов забивных свай, опирающихся на скальные и малосжимаемые грунты, $R = 20\ 000$ кПа (2000 тс/м²) (СП 24.13330.2011).

Таким образом, для сваи-стойки с квадратным размером сечения 35х35 см, $\gamma_c = 1$, $R = 2000$ тс/м², $A = 0,35 \cdot 0,35 = 0,12$ м². Тогда:

$$F_d = 1 * 2000 * 0,12 = 240 \text{ тс}$$

Для сваи-стойки с квадратным размером сечения 40x40 см, $\gamma_c = 1$, $R = 2000 \text{ тс/м}^2$,
 $A = 0,40 \cdot 0,40 = 0,16 \text{ м}^2$. Тогда:

$$F_d = 1 * 2000 * 0,16 = 320 \text{ тс}$$

Рассчитанное сопротивление грунтов основания под нижним концом сваи, а, следовательно, и ее несущая способность превышает проектируемую нагрузку сооружения на сваю. Это говорит о том, что выбранный тип фундамента и использованный грунт в качестве опорного слоя обеспечивают достаточную прочность и устойчивость для поддержания нагрузки сооружения без опасности его деформации или повреждения.

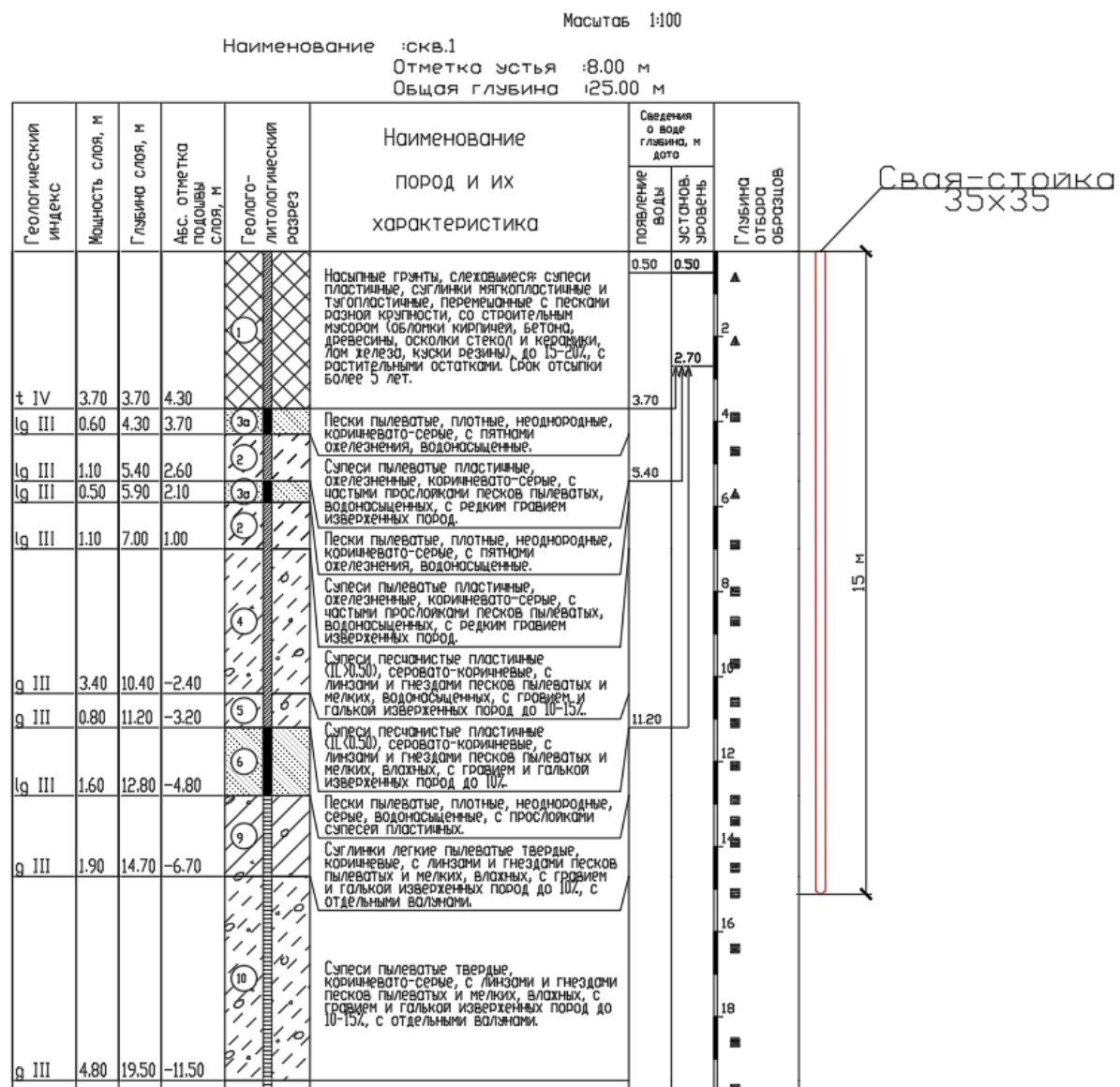


Рисунок 16. Схема погружения сваи стойки с квадратным сечением размером 35x35 см в грунт на глубину 15 м.

Масштаб 1:100
 Наименование : скв.5
 Отметка устья : 8.20 м
 Общая глубина : 25.00 м

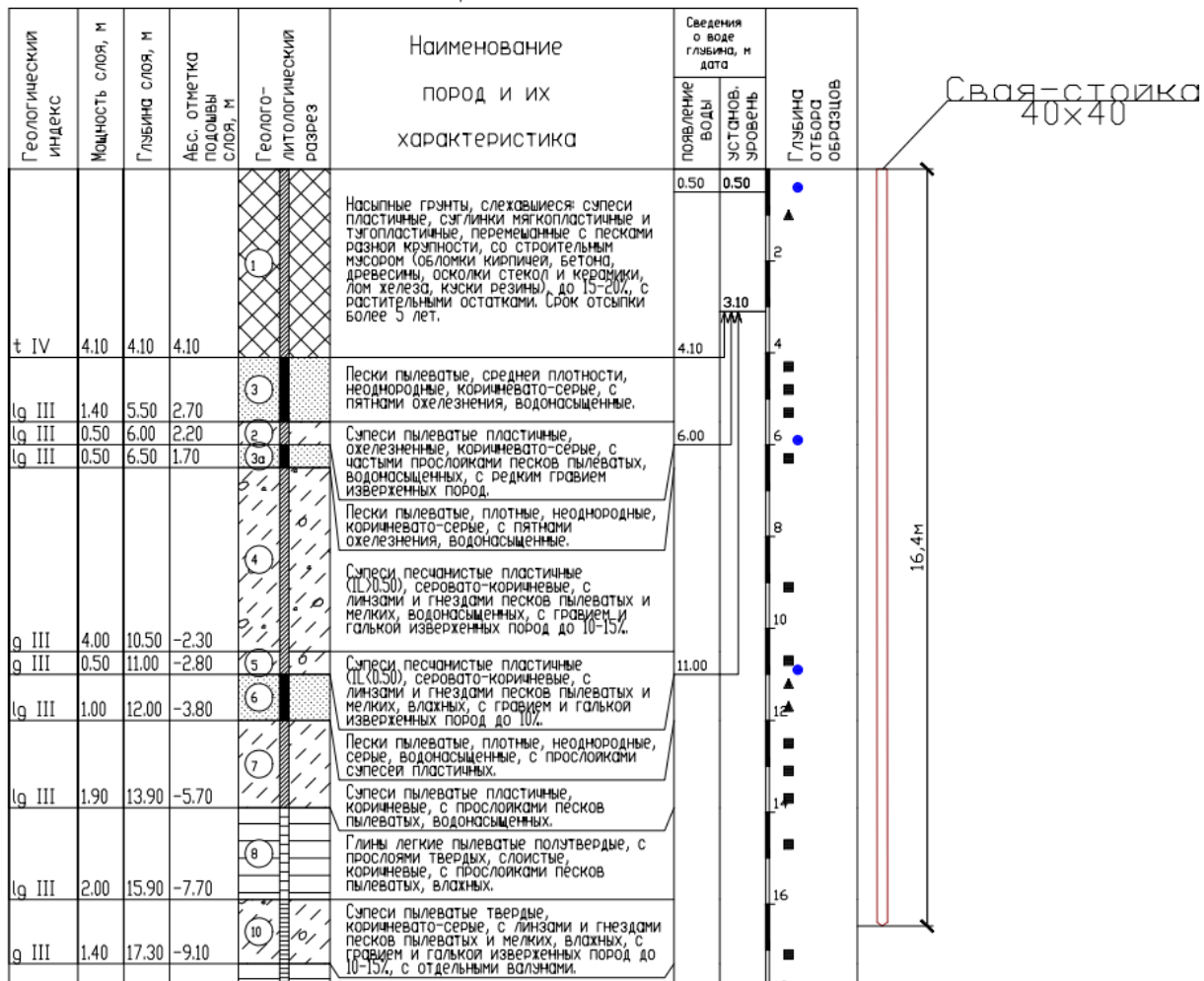


Рисунок 17. Схема погружения сваи стойки с квадратным сечением размером 40x40 см в грунт на глубину 16,4 м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных исследований подтверждена сложность геологического строения Санкт-Петербурга.

Для повышения эффективности инженерных изысканий в Санкт-Петербурге необходимо постоянно анализировать сложные инженерно-геологические условия территории, таких как тиксотропные свойства грунтов, большое количество разрывных нарушений в подстилающих толщах, а также близость грунтовых вод к поверхности и прочие неблагоприятные факторы.

В геологическом строении исследуемый участок сложен современными техногенными образованиями, верхнечетвертичными озерно-ледниковыми и ледниковыми отложениями, а также среднечетвертичными озерно-ледниковыми отложениями.

В пределах участка изысканий по разрезу было выделено 11 ИГЭ, характеризующихся комплексом физико-механических характеристик.

Гидрогеологические условия участка работ характеризуются наличием двух водоносных горизонтов подземных вод. Безнапорные подземные воды приурочены к песчаным прослоям в техногенного, озерно-ледникового и ледникового генезиса. Напорные подземные воды, приурочены к верхнечетвертичным озерно-ледниковым пескам пылеватым.

На основе анализа результатов физико-механических свойств грунтов произведены инженерно-геологические расчеты, которые показали, что наиболее надежным для строительства дошкольного общеобразовательного учреждения является свайный тип фундамента с использованием свай-стоек.

Таким образом, цель выпускной квалификационной работы, которая заключалась в исследовании и оценке инженерно-геологических условий строительной площадки для расчета эффективности применения свайного фундамента проектируемого сооружения в Приморском районе города Санкт-Петербурга достигнута. Соответственно, задачи, поставленные в данной работе, включающие комплексный анализ инженерно-геологических условий участка строительства, были выполнены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амантов А. В., Кэслс Л. М., Амантова М. Г. Прогибание земной коры в результате развития городов как составная часть геологической угрозы Санкт-Петербурга // Региональная геология и металлогения. – 2020. – № 81. – С. 83–96.
2. Геологический атлас Санкт-Петербурга. Комильфо. СПб, 2009 г. 57 стр.
3. Геоморфология и четвертичные отложения Северо-Запада Европейской части РСФСР. – Л.:Недра, 1969 г. 256 стр.
4. Дашко Р.Э., Александрова О.Ю., Котюков П.В., Шидловская А.В. Особенности инженерно-геологических условий Санкт-Петербурга // Развитие городов и геотехническое строительство. 2011. № 13. С.25-71.
5. Мохнач М.Ф., Прокофьева Т.И. Методическое пособие по учебной геологической практике. - СПб., изд. РГГМУ, 2007 - 56 с.
6. Николаева Т.Н., Норова Л.П. Особенности изучения инженерно-геологических условий осваиваемых территорий в приморской части Санкт-Петербурга, 2011. 4 с.
7. Панкратова К.В. Методические указания / Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». СПб, 2014. 56 с.
8. Фурса В. М. Строительные свойства грунтов территории Ленинграда. Л., 1975. 143 с.
9. ГОСТ 20522-2012 Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний.
10. ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация.
11. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений.
12. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства.
13. СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах
14. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов
15. СП 131.13330.2018. Свод правил. Строительная климатология.
16. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты.
17. Технический отчет: «Объект дошкольного образования на 180 мест», 2022

18. ТСН 50-302-2004. Проектирование фундаментов зданий и сооружений в Санкт-Петербурге

19. Google Карты [Электронный ресурс] <https://www.google.com/maps> (дата обращения 21.03.2023).

20. [Электронный ресурс] <http://www.sankt-peterburg.ru/>. (дата обращения 21.03.2023).








21. [Электронный ресурс] <https://www.infoeco.ru> (дата обращения 21.03.2023)

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Условные обозначения

- t IV – современные техногенные образования
- lg III – верхнечетвертичные озерно-ледниковые отложения
- g III – верхнечетвертичные ледниковые отложения
- lg II – среднечетвертичные озерно-ледниковые отложения

-  – насыпные грунты
-  – супеси
-  – суглинки
-  – супеси моренные
-  – суглинки моренные
-  – глины
-  – пески пылеватые

Буровая скважина, точка отбора

- – монолит
- ▲ – нарушенное сложение
- – проба воды
- ▲ – коррозия
- ▲ – водная вытяжка
- – абс. отметка подошвы слоя, м (слева)
- – глубина подошвы слоя, м (справа)

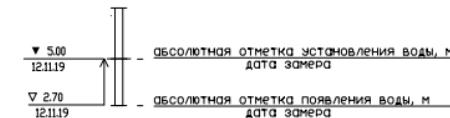
Точка статического зондирования

- – абс. отметка статического зондирования, м (слева)
- – глубина статического зондирования, м (справа)

Подземные воды (безнапорные)






Подземные воды (напорные)





- ① – номер инженерно-геологического элемента
- — литологическая граница
- — стратиграфическая граница

Консистенция грунтов

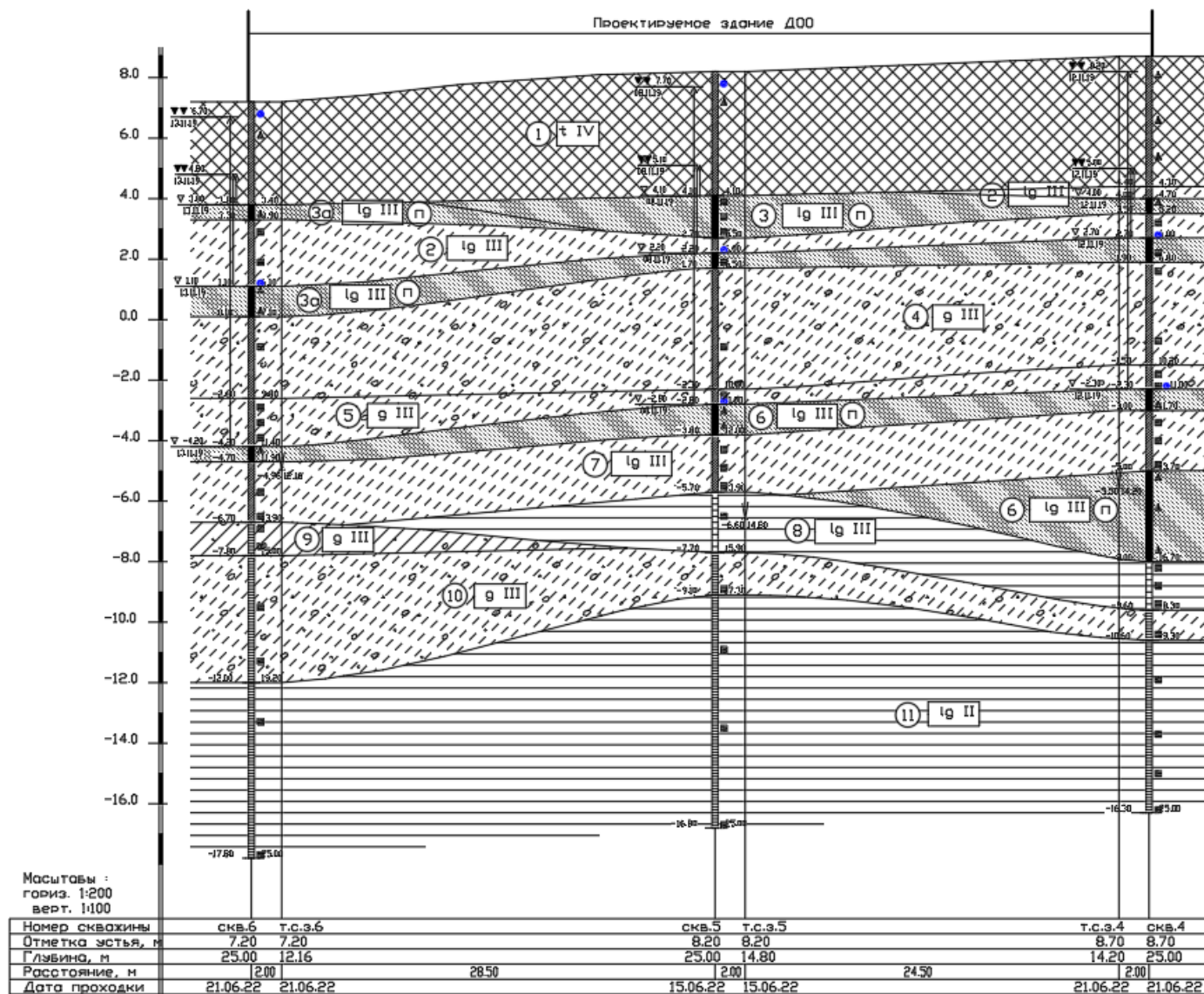
-  – пластичная (супеси)
-  – полутвердая (глины)
-  – твердая (глины, суглинки, супеси)

Влажность песков

-  – влажные
-  – водонасыщенные

Инженерно-геологический разрез

разрез :II-II
Проектируемое здание ДОО



Инженерно-геологические колонки

Масштаб 1:100

Наименование скв.2
 Отметка устья :9.10 м
 Общая глубина :25.00 м

Геологический индекс	Глубина слоя, м	Глубина слоя, м	Глубина отбоя, м	Геологический разрез	Наименование пород и их характеристика	Сведения о воде		Глубина отбора образцов
						Глубина, м	Уровень	
t IV	3.90	3.90	5.20	1	Насыпные грунты, слежавшиеся: суглинки пластичные и тугопластичные, перемешанные с песками разной крупности, со строительным мусором (обломки кирпичей, бетона, древесины, осколки стекол и керамики, лом железа, куски резины), до 15-20%, с растительными остатками. Срок отсыпки более 5 лет.	0.50	0.50	2
tg III	5.00	8.90	0.20	2	Суглинки пылеватые пластичные, охризовато-серые, с частыми прослойками песков пылеватых, водоносных, с редким гравием изверженных пород.			4
g III	1.60	10.50	-1.40	4	Суглинки песчаные пластичные (П) (0.50), серовато-коричневые, с линзами и гнездами песков пылеватых и мелких, водоносных, с гравием и галькой изверженных пород до 10-15%.			6
g III	0.70	11.20	-2.10	5	Суглинки песчаные пластичные (П) (0.50), серовато-коричневые, с линзами и гнездами песков пылеватых и мелких, влажных, с гравием и галькой изверженных пород до 10%.	11.20		8
tg III	2.50	13.70	-4.60	6	Пески пылеватые, плотные, неоднородные, серые, водоносные, с прослойками суглинки пластичные.			10
tg III	1.30	15.00	-5.90	7	Суглинки пылеватые пластичные, коричневатые, с прослойками песков пылеватых, водоносных.			12
tg III	1.50	16.50	-7.40	8	Глины легкие пылеватые полутвердые, с прослойками твердых, слоистые, коричневатые, с прослойками песков пылеватых, влажных.			14
g III	1.20	17.70	-8.60	10	Суглинки пылеватые твердые, коричневатые-серые, с линзами и гнездами песков пылеватых и мелких, влажных, с гравием и галькой изверженных пород до 10-15%, с отдельными валунами.			16
tg II	7.30	25.00	-15.90	11	Глины легкие пылеватые твердые, коричневатые, с прослойками песков пылеватых, влажных, с редким гравием изверженных пород.			18
								20
								22
								24

Масштаб 1:100

Наименование : скв.3

Отметка устья : 9.60 м

Общая глубина : 25.00 м

Геологический индекс	Мощность слоя, м	Глубина слоя, м	Абс. отметка подошвы слоя, м	Геолого-литологический разрез	Наименование пород и их характеристика	Сведения о воде		Глубина отбора образцов
						появление воды	устойчив. уровень	
t IV	4.60	4.60	5.00		Насыпные грунты, слежавшиеся: супеси пластинчатые, суглинки мягкопластинчатые и тугопластинчатые, перемежающиеся с песками разной крупности, со строительным мусором (обломки кирпичей, бетона, древесины, осколки стекол и керамики, лом железа, куски резины), до 15-20%, с растительными остатками. Срок отсыпки более 3 лет.	0.50	0.50	2
tg III	4.30	8.90	0.70		Супеси пылеватые пластинчатые, окисленные, коричнево-серые, с частыми прослойками песков пылеватых, водонасыщенных, с редким гравием изверженных пород.			4
g III	1.60	10.50	-0.90		Супеси песчанистые пластинчатые (II, 0.50), серовато-коричневые, с линзами и гнездами песков пылеватых и мелких, водонасыщенных, с гравием и галькой изверженных пород до 10-15%.			6
g III	0.70	11.20	-1.60		Супеси песчанистые пластинчатые (II, 0.50), серовато-коричневые, с линзами и гнездами песков пылеватых и мелких, влажных, с гравием и галькой изверженных пород до 10%.	11.20		8
tg III	3.30	14.50	-4.90		Пески пылеватые, плотные, неоднородные, серые, водонасыщенные, с прослойками супесей пластинчатых.			10
tg III	2.30	16.80	-7.20		Глины легкие пылеватые полутвердые, с прослойками твердых, слоистые, коричневые, с прослойками песков пылеватых, влажных.			12
g III	1.80	18.60	-9.00		Супеси пылеватые твердые, коричнево-серые, с линзами и гнездами песков пылеватых и мелких, влажных, с гравием и галькой изверженных пород до 10-15%, с отдельными валунами.			14
tg II	6.40	25.00	-15.40		Глины легкие пылеватые твердые, коричневые, с прослойками песков пылеватых, влажных, с редким гравием изверженных пород.			16
								18
								20
								22
								24

Масштаб 1:100

Наименование : скв.4

Отметка устья : 8.70 м

Общая глубина : 25.00 м

Геологический индекс	Мощность слоя, м	Глубина слоя, м	Абс. отметка подошвы слоя, м	Геологический литологический разрез	Наименование пород и их характеристика	Сведения о воде		Глубина отбора образцов
						появление воды	глубина, м	
				1	Насыпные грунты, слухавшиеся: суглеси пластинчатые, суглинки мягкопластичные и тугопластичные, перенесенные с песками разной крупности, со строительным мусором (обломки кирпича, бетона, древесины, осколки стекла и керамики, лом железа, куски резины) до 15-20%, с растительными остатками. Срок отсыпки более 5 лет.	0.50	0.50	▲
t IV	4.30	4.30	4.40	2				▲
lg III	0.40	4.70	4.00	3	Суглеси пылеватые пластинчатые, охлеженные, коричнево-серые, с частыми прослойками песков пылеватых, водоносных, с редким гравием изверженных пород.	4.70		▲
lg III	0.50	5.20	3.50	3				▲
lg III	0.80	6.00	2.70	2	Пески пылеватые, средней плотности, неоднородные, коричнево-серые, с пятнами охлеживания, водоносные.	6.00		▲
lg III	0.80	6.80	1.90	3а	Пески пылеватые, средней плотности, неоднородные, коричнево-серые, с пятнами охлеживания, водоносные.			▲
				4	Суглеси пылеватые пластинчатые, охлеженные, коричнево-серые, с частыми прослойками песков пылеватых, водоносных, с редким гравием изверженных пород.			▲
				4	Пески пылеватые, плотные, неоднородные, коричнево-серые, с пятнами охлеживания, водоносные.			▲
g III	3.40	10.20	-1.50	5	Суглеси пылеватые пластинчатые (ЛХ0,50), серовато-коричневые, с линзами и гнездами песков пылеватых и мелких, водоносных, с гравием и галькой изверженных пород до 10-15%.	11.00		▲
g III	0.80	11.00	-2.30	6	Суглеси пылеватые пластинчатые (ЛХ0,50), серовато-коричневые, с линзами и гнездами песков пылеватых и мелких, влажных, с гравием и галькой изверженных пород до 10%.			▲
lg III	0.70	11.70	-3.00	6	Пески пылеватые, плотные, неоднородные, серые, водоносные, с прослойками суглеси пластинчатых.			▲
				7	Суглеси пылеватые пластинчатые, коричневые, с прослойками песков пылеватых, водоносных.			▲
				6	Пески пылеватые, плотные, неоднородные, серые, водоносные, с прослойками суглеси пластинчатых.	13.70		▲
				6	Суглеси пылеватые пластинчатые, коричневые, с прослойками песков пылеватых, водоносных.			▲
lg III	3.00	16.70	-8.00	8	Пески пылеватые, плотные, неоднородные, серые, водоносные, с прослойками суглеси пластинчатых.			▲
				8	Глины легкие пылеватые полутвердые, с прослойками твердых, слоистых, коричневых с прослойками песков пылеватых, влажных.			▲
lg III	1.60	18.30	-9.60	8				▲
				10	Суглеси пылеватые твердые, коричнево-серые, с линзами и гнездами песков пылеватых и мелких, влажных, с гравием и галькой изверженных пород до 10-15%, с отдельными валунами.			▲
				10				▲
				11	Глины легкие пылеватые твердые, коричневые, с прослойками песков пылеватых, влажных, с редким гравием изверженных пород.			▲
lg II	5.70	25.00	-16.30	11				▲

Наименование : скв.6
 Отметка устья : 7.20 м
 Общая глубина : 25.00 м

Геологический индекс	Мощность слоя, м	Глубина слоя, м	Абс. отметка подошвы слоя, м	Геолого-литологический разрез	Наименование пород и их характеристика	Сведения о воде (глубина, м, дата)		Глубина отбора образцов
						Появление воды	Установившийся уровень	
t IV	3.40	3.40	3.80	(1)	Насыпные грунты, слухавшиеся: суглеси пластичные, суглинки мягкопластичные и тугопластичные, перемещенные с песками разной крупности, со строительным мусором (обломки кирпича, бетона, древесины, осколки стекол и керамики, лом железа, куски резины), до 15-20%, с растительными остатками. Срок отсыпки более 5 лет.	0.50	0.50	2
lg III	0.50	3.90	3.30	(3a)	Пески пылеватые, плотные, неоднородные, коричнево-серые, с пятнами охлежнения, водонасыщенные.	3.40		4
lg III	2.20	6.10	1.10	(2)	Суглеси пылеватые пластичные, охлеженные, коричнево-серые, с частыми прослойками песков пылеватых, водонасыщенных, с редким гравием изверженных пород.	6.10		6
lg III	1.00	7.10	0.10	(3a)	Пески пылеватые, плотные, неоднородные, коричнево-серые, с пятнами охлежнения, водонасыщенные.			8
g III	2.70	9.80	-2.60	(4)	Суглеси песчанистые пластичные (П(0.50)), серовато-коричневые, с линзами и гнездами песков пылеватых и мелких, водонасыщенных, с гравием и галькой изверженных пород до 10-15%.			10
g III	1.60	11.40	-4.20	(5)	Суглеси песчанистые пластичные (П(0.50)), серовато-коричневые, с линзами и гнездами песков пылеватых и мелких, влажных, с гравием и галькой изверженных пород до 10%.	11.40		12
lg III	0.50	11.90	-4.70	(6)	Пески пылеватые, плотные, неоднородные, серые, водонасыщенные, с прослойками суглесей пластичных.			14
lg III	2.00	13.90	-6.70	(7)	Суглеси пылеватые пластичные, коричневые, с прослойками песков пылеватых, водонасыщенных.			16
g III	1.10	15.00	-7.80	(9)	Суглинки легкие пылеватые твердые, коричневые, с линзами и гнездами песков пылеватых и мелких, влажных, с гравием и галькой изверженных пород до 10%, с отдельными валунами.			18
g III	4.20	19.20	-12.00	(10)	Суглеси пылеватые твердые, коричнево-серые, с линзами и гнездами песков пылеватых и мелких, влажных, с гравием и галькой изверженных пород до 10-15%, с отдельными валунами.			20
lg II	5.80	25.00	-17.80	(11)	Глины легкие пылеватые твердые, коричневые, с прослойками песков пылеватых, влажных, с редким гравием изверженных пород.			22
								24

Нормативные и расчетные значения физико-механических характеристик грунтов

№ Элемента	Наименование грунтов	Геологический индекс	Плотность грунта, г/см ³			Коэффициент пористости	Естественная влажность, д.е.	Число пластичности	Показатель текучести	Прочностные характеристики						Модуль деформации, МПа кгс/см ²
										Угол внутреннего трения, [°]			Сцепление, МПа кгс/см ²			
			ρ _n	ρ _l	ρ _{II}	e	W _e	I _p	I _L /C _b	φ _n	φ _I	φ _{II}	C _n	C _I	C _{II}	E
1	Насыпные грунты слежавшиеся	<i>t IV</i>	В качестве основания не рекомендуются R ₀ = 0,08 МПа (0,8 кгс/см ²)													
2	Супеси пылеватые пластичные, ожелезненные	<i>lg III</i>	2,02	2,01	2,02	0,640	0,232	0,063	$\frac{0,52}{0,12}$	24	22	23	$\frac{0,015}{0,15}$	$\frac{0,013}{0,13}$	$\frac{0,014}{0,14}$	$\frac{11}{110}$
3	Пески пылеватые, средней плотности	<i>lg III</i>	2,00	1,98	2,00	0,652	0,241	-	-	30	27	30	$\frac{0,004}{0,04}$	$\frac{0,003}{0,03}$	$\frac{0,004}{0,04}$	$\frac{15}{150}$
3а	Пески пылеватые, плотные	<i>lg III</i>	2,06	2,04	2,06	0,556	0,203	-	-	33	30	33	$\frac{0,006}{0,06}$	$\frac{0,004}{0,04}$	$\frac{0,006}{0,06}$	$\frac{30}{300}$
4	Супеси песчанистые пластичные (I _L >0.50), с гравием и галькой до 10-15%	<i>g III</i>	2,27	2,26	2,26	0,320	0,116	0,038	$\frac{0,66}{0,50}$	17	16	16	$\frac{0,015}{0,15}$	$\frac{0,014}{0,14}$	$\frac{0,015}{0,15}$	$\frac{10}{100}$

№ Элемента	Наименование грунтов	Геологический индекс	Плотность грунта, г/см ³			Коэффициент пористости	Естественная влажность, д.е.	Число пластичности	Показатель текучести	Прочностные характеристики						Модуль деформации, МПа кгс/см ²
										Угол внутреннего трения, [°]			Сцепление, МПа кгс/см ²			
			ρ _n	ρ _l	ρ _{II}	e	W _e	I _p	I _L /C _b	φ _n	φ _l	φ _{II}	C _n	C _l	C _{II}	E
5	Супеси песчанистые пластичные (IL<0.50), с гравием и галькой до 10%	g III	2,30	2,29	2,29	0,288	0,105	0,051	0,12	29	28	28	<u>0,039</u> 0,39	<u>0,037</u> 0,37	<u>0,038</u> 0,38	<u>14</u> 140
6	Пески пылеватые, плотные	lg III	2,09	2,07	2,09	0,503	0,178	-	-	35	32	35	<u>0,007</u> 0,07	<u>0,005</u> 0,05	<u>0,007</u> 0,07	<u>36</u> 360
7	Супеси пылеватые пластичные	lg III	2,02	2,02	2,02	0,634	0,229	0,053	<u>0,30</u> 0,09	24	23	24	<u>0,034</u> 0,34	<u>0,032</u> 0,32	<u>0,033</u> 0,33	<u>12</u> 120
8	Глины легкие пылеватые полутвердые, слоистые	lg III	2,03	2,02	2,03	0,683	0,239	0,183	0,06	16	15	16	<u>0,068</u> 0,68	<u>0,064</u> 0,64	<u>0,065</u> 0,65	<u>14</u> 140
9	Суглинки легкие пылеватые твердые, с гравием и галькой до 10%,	g III	2,22	2,20	2,21	0,395	0,139	0,095	-0,16	23	22	22	<u>0,071</u> 0,71	<u>0,068</u> 0,68	<u>0,069</u> 0,69	<u>16</u> 160

№ Элемента	Наименование грунтов	Геологический индекс	Плотность грунта, г/см ³			Коэффициент пористости	Естественная влажность, д.е.	Число пластичности	Показатель текучести	Прочностные характеристики						Модуль деформации, МПа кгс/см ²
										Угол внутреннего трения, [°]			Сцепление, МПа кгс/см ²			
			ρ _n	ρ _l	ρ _{II}	e	W _e	I _p	I _L /C _b	φ _n	φ _l	φ _{II}	C _n	C _l	C _{II}	E
10	Супеси пылеватые твердые, с гравием и галькой до 10-15%	<i>g III</i>	2,34	2,33	2,33	0,257	0,092	0,060	-0,32	27	26	26	<u>0,115</u> 1,15	<u>0,111</u> 1,11	<u>0,112</u> 1,12	<u>21</u> 210
11	Глины легкие пылеватые твердые	<i>lg II</i>	1,99	1,97	1,98	0,764	0,266	0,194	-0,13	17	16	16	<u>0,092</u> 0,92	<u>0,087</u> 0,87	<u>0,088</u> 0,88	<u>18</u> 180

Агрессивность грунтов по отношению к бетонным и железобетонным конструкциям

Показатель агрессивности	Значения показателя от - д ----- среднее	Степень агрессивного воздействия на бетон марки по водонепроницаемости		
		W4	W6	W8
Содержание сульфатов, мг на 1 кг грунта, в пересчете на ионы SO_4^{2-} для: а) портландцемента б) портландцемента с содержанием в клинкере $C_3S < 65\%$, $C_2A < 7\%$, $C_3A + C_4AF < 22\%$ и шлакопортландцемента в) сульфатостойкого цемента	201 - 653 ----- 355	слабоагр.*	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	50 - 110 ----- 77	Степень агрессивного воздействия на арматуру в железобетонных конструкциях для бетонов марки по водонепроницаемости		
		W4-W6		W8
		неагр.		неагр.
		неагр.		неагр.
		неагр.		неагр.

Примечание: *-значение агрессивности принято по наихудшему показателю.

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

Лаб.№	№ выработки	Глубина, м		УЭСГ, Ом*м	Корр. агрессивность	ПКТ, А/м ²	Корр. агрессивность
		от	до				
6832	3	2	2,2	31	Средняя	0,20	Средняя
6841	4	2	2,2	37	Средняя	0,21	Высокая
6842	4	3,3	3,4	38	Средняя	0,22	Высокая

Показатель коррозионной агрессивности	Значения показателя от - д ----- среднее	Степень коррозионной агрессивности
Удельное электрическое сопротивление, Ом. м	31 - 38 ----- 35	средняя
Средняя плотность катодного тока, А/м ²	0,20 - 0,22 ----- 0,21	высокая

Химический анализ безнапорных подземных вод

Водоносный горизонт										
Место взятия пробы, скважина №	6			5				3		
Глубина отбора, м	0,5			0,5				0,5		
Дата отбора пробы		12.11.2019			12.11.2019				12.11.2019	
Дата поступления в лабораторию		15.11.2019			15.11.2019				15.11.2019	
Лабораторный №	673			674				675		
Физические свойства:										
прозрачность	прозрачная			прозрачная				прозрачная		
цвет	бледно-желтый			бледно-желтый				бледно-желтый		
запах	сл.производ.			сл.производ.				сырости		
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 HCO_3^-		301,4	4,94	19	312,4	5,12	20	383,2	6,28	23
щелочность карбонатная CO_3^{2-}		нет			нет			нет		
хлориды Cl^-		159,9	4,51	17	158,1	4,46	17	148,9	4,20	16
сульфаты SO_4^{2-}		789,9	16,44	64	777,5	16,19	63	789,9	16,44	61
нитриты NO_2^-		следы			следы			следы		
нитраты NO_3^-		0,2	0,00	0	0,2	0,00	0	0,3	0,01	0
сумма анионов			25,89	100		25,77	100		26,93	100
кальций Ca^{2+}		260,9	13,02	50	264,7	13,21	52	282,0	14,07	52
магний Mg^{2+}		65,4	5,38	21	70,4	5,79	22	75,8	6,23	23
натрий+калий в пересчете на Na^+		161,4	7,02	27	144,8	6,30	24	141,6	6,16	23
аммоний NH_4^+		8,4	0,47	2	8,5	0,47	2	8,4	0,47	2
железо $\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$ в пересчете на Fe^{3+})		4,5	0,24		4,3	0,23		4,8	0,26	
сумма катионов			25,89	100		25,77	100		26,93	100
сухой остаток		1608,0			1634,0			1694,0		
жесткость:										
общая			18,40			19,00			20,30	
временная			4,94			5,12			6,28	
постоянная			13,46			13,88			14,02	
кремнекислота SiO_2										
окисляемость, мг O_2		14,3			14,4			14,6		
углекислота свободная CO_2		95,9			82,7			111,3		
углекислота агрессивная CO_2		нет			нет			нет		
реакция воды-среды pH		7,13			7,09			7,08		
сероводород H_2S										
органические вещества - гумус		9,3			9,3			9,5		

Коррозионная агрессивность безнапорных подземных вод

Показатель коррозионной агрессивности	Значения показателя от – до ----- среднее	Коррозионная агрессивность
По отношению к свинцовой оболочке кабеля		
Водородный показатель, рН	7,08 – 7,13 ----- 7,1	низкая
Общая жёсткость, мг-экв/л	18,40 – 20,30 ----- 19,23	низкая
Органические вещества (гумус) мг/л	9,3 – 9,5 ----- 51,2	низкая
Нитрат-ион мг/л	0,2 – 0,3 ----- 0,2	низкая
По отношению к алюминиевой оболочке кабеля		
Водородный показатель, рН	7,08 – 7,13 ----- 7,1	низкая
Хлор-ион, мг/л	148,9 – 159,9 ----- 155,7	высокая
Ион железа, мг/л	4,3 – 4,8 ----- 4,5	средняя

Химический анализ напорных подземных вод

Водоносный горизонт										
Место взятия пробы, скважина №	4			5			6			
Глубина отбора, м	6			6			6,1			
Дата отбора пробы	13.11.2019			11.11.2019			15.11.2019			
Дата поступления в лабораторию	15.11.2019			15.11.2019			15.11.2019			
Лабораторный №	713			714			715			
Физические свойства:										
прозрачность	прозрачная			прозрачная			прозрачная			
цвет	бесцветная			бесцветная			бесцветная			
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 HCO_3^-		644,4	10,56	74	657,8	10,78	74	635,8	10,42	74
щелочность карбонатная CO_3^{2-}		нет			нет			нет		
хлориды Cl^-		123,7	3,49	24	120,9	3,41	24	119,5	3,37	24
сульфаты SO_4^{2-}		14,7	0,31	2	15,6	0,32	2	12,1	0,25	2
нитриты NO_2^-		нет			нет			нет		
нитраты NO_3^-		0,4	0,01	0	0,3	0,00	0	0,4	0,01	0
сумма анионов			14,37	100		14,51	100		14,05	100
кальций Ca^{2+}		59,9	2,99	21	58,5	2,92	20	57,3	2,86	20
магний Mg^{2+}		50,1	4,12	29	51,4	4,23	29	51,0	4,19	30
натрий+калий в пересчете на Na^+		162,8	7,08	49	165,1	7,18	50	156,8	6,82	49
аммоний NH_4^+		3,2	0,18	1	3,2	0,18	1	3,3	0,18	1
железо $\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$ в пересчете на Fe^{3+} *)		18,9	1,02		19,2	1,03		19,0	1,02	
сумма катионов			14,37	100		14,51	100		14,05	100
сухой остаток		764,0			772,0			746,0		
жесткость:	общая		7,11			7,15			7,05	
	временная		7,11			7,15			7,05	
	постоянная		нет			нет			нет	
кремнекислота SiO_2										
окисляемость, мг O_2		18,8			19,2			19,1		
углекислота свободная CO_2		50,4			46,2			48,7		
углекислота агрессивная CO_2		11,7			14,3			12,8		
реакция воды-среды pH		7,34			7,33			7,36		
сероводород H_2S										
органические вещества - гумус		12,1			12,4			12,3		