

Санкт-Петербургский государственный университет

***НИКИТИН Александр Александрович***

**Выпускная квалификационная работа**

***«Инженерно-геологические условия строительства здания школы, расположенного в Приморском районе Санкт-Петербурга»***

Уровень образования: бакалавриат

Направление *05.03.01 «Геология»*

Основная образовательная программа *СВ.5018.2016 «Геология»*

Научный руководитель  
канд. г-м. наук, ст. преп. кафедры  
грунтоведения и инженерной  
геологии СПбГУ А.А. Еремеева

Рецензент:  
начальник испытательной  
грунтовой лаборатории ОАО  
Трест ГРИИ Л.К. Семенова

Санкт-Петербург

2020

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ.....	4
1.1 Географическое положение.....	4
1.2 Рельеф.....	5
1.3 Гидрография.....	7
1.4 Климат.....	8
2 ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ.....	10
2.1 Геологические условия.....	10
2.1.1 Стратиграфия.....	10
2.1.2 Геологическое строение района.....	15
2.1.3 Тектоника.....	17
2.2 Гидрогеологические условия.....	18
3 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ УЧАСТКА РАБОТ.....	25
3.1 Местоположение и климат.....	25
3.2 Геоморфология и рельеф.....	28
3.3 Геологическое строение участка работ.....	28
3.4 Физико-механические свойства грунтов.....	29
3.5 Гидрогеологические условия.....	40
3.6 Геологические и инженерно-геологические процессы.....	42
4 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ.....	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	45
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	46
Приложения	

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа написана по результатам прохождения производственной практики в июле-августе 2019 года в составе комплексной инженерно-геологической бригады ООО «КБК».

Целью данной работы является изучение инженерно-геологического разреза участка работ, исследование состава и физико-механических свойств пород, а также инженерно-геологических и гидрогеологических условий строительства 4-х-этажного здания школы, расположенного в Приморском районе Санкт-Петербурга.

В процессе проведения полевых работ было пробурено 12 скважин глубиной 25,0 м, отобраны образцы грунта ненарушенного и нарушенного сложения, а также пробы воды. Для уточнения инженерно-геологического разреза и определения несущей способности свай на рассматриваемой площадке было выполнено статическое зондирование.

На этапе лабораторных исследований основными задачами были определение физико-механических свойств отобранных грунтов, определение 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. Кроме того, были проведены расчеты несущей способности двух вариантов свай, которые могут быть использованы в качестве фундамента проектируемого здания.

На заключительном этапе проведенных исследований была дана характеристика инженерно-геологических условий участка строительства и даны рекомендации по выбору оптимального типа фундамента для данного сооружения.

# 1 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

## 1.1 Географическое положение

Объект исследований расположен в северной части города федерального значения Санкт-Петербурге. Санкт-Петербург находится в северо-западной части Российской Федерации и является административным центром Северо-Западного федерального округа (рис. 1). Город занимает территорию на островах в дельте реки Невы, на побережье Финского залива в пределах Приневской низменности. Общая площадь территории города составляет 1,4 тысячи км<sup>2</sup>. Санкт Петербург разделен на 18 районов, которые в свою очередь поделены на 111 муниципальных образований (из них 81 округ, 21 поселок и 9 городов). Население на 2020 год составляет 5 398 064 человека. (Росстат, 2020)

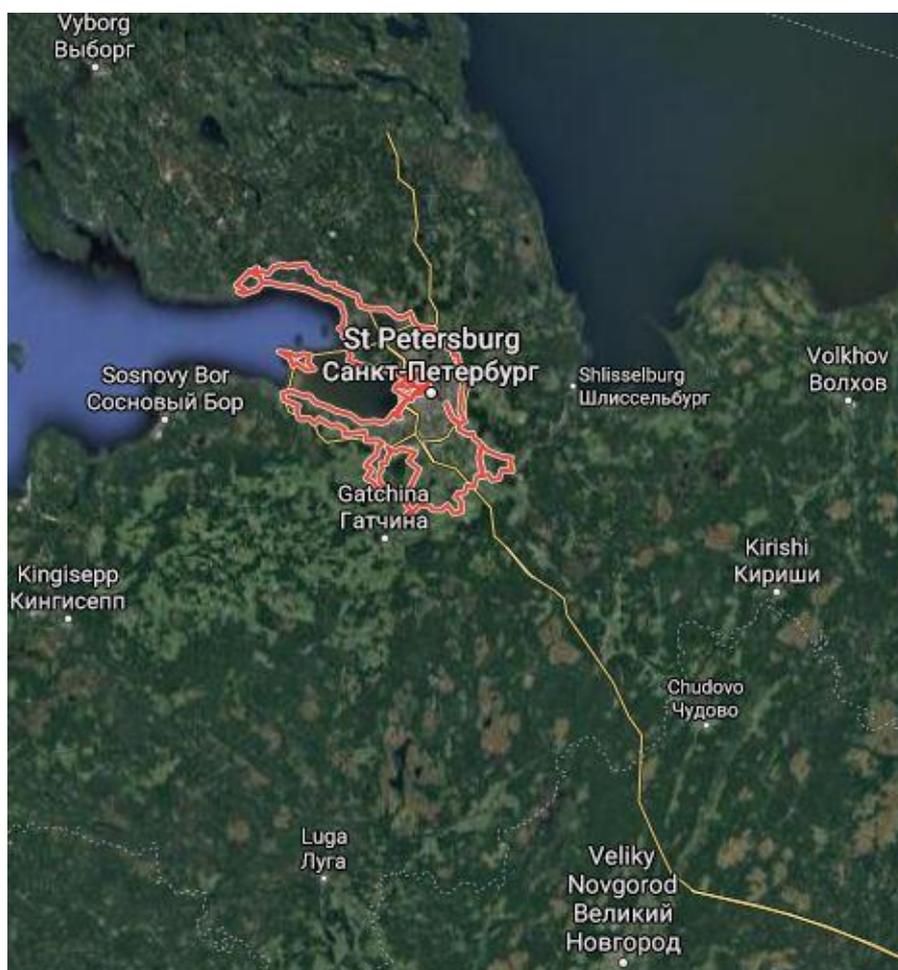


Рисунок 1. Физическая карта Санкт-Петербурга и Ленинградской области (Google Maps)

## 1.2 Рельеф

Территория Санкт-Петербурга располагается в северо-западной части Русской плиты. В целом на территории города и его окрестностей преобладает равнинный рельеф. Высота города над уровнем моря: для центральных районов – 1-5 м, периферийных районов (север) – 5-30 м, периферийных районов (юг и юго-запад) – 5-22 м. Высота самой высокой точки в черте города составляет 176 м (Орехова гора, Красное Село).

К основным процессам, формирующим рельеф местности, относится эрозионно-аккумулятивная деятельность водных потоков и водоемов. Таким образом, рельеф Санкт-Петербурга и Ленинградской области тесно связан с ледниками, озерами и морями, существовавшими ранее. Результатом последней регрессии стало образование террас, выраженных в современном рельефе в виде Приневской и Приморской низменностей. Наиболее высокая озерно-ледниковая терраса достигает 60-65 метров в высоту. Нижний уровень представляет литориновая терраса, граничащая с Финским заливом. Ее высота составляет 10-16 метров (рис. 2).



Рисунок 2. Орографическая схема Санкт-Петербурга и его окрестностей  
(<https://www.google.com/>)

Северная и восточная части города совпадают с окраиной моренной возвышенности. Данный рельеф образован различными формами ледниковой и водно-ледниковой аккумуляции: холмами, камами, озами и зандровыми равнинами, чередующимися с с понижениями рельефа в виде озер, болот и речных долин.

Центральная часть, занимающая территорию в устье реки Невы, представлена техногенным рельефом, сложенным намывными и насыпными грунтами. Их мощность может достигать 10 метров. (Геоморфология и четвертичные отложения Северо-Запада Европейской части РСФСР, 1969)

Граница южной части города проходит вдоль Балтийско-Ладожского глинта, ограничивающего Ижорскую возвышенность. Ее поверхность плоская с абсолютными отметками в пределах 65-75 м (Путиловские высоты). Глинт расчленен долинами рек. Его высота достигает 25-30 м.

### 1.3 Гидрография

Как уже было сказано ранее, деятельность поверхностных вод играла ключевую роль в формировании современного облика территории города. К этим водоемам относятся Финский залив, Невская губа и река Нева (рис. 3).



Рисунок 3. Крупнейшие водоемы в черте города – Финский залив, Невская губа и река Нева (<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ab/Spb-locator.svg>)

Береговая линия Финского залива, находящаяся в черте Санкт-Петербурга неглубокая – не более 1 м. В целом максимальная глубина Финского залива в пределах города составляет 2,5 – 6 м. Восточнее Финского залива, ограниченная линией Лисий Нос – Кронштадт – Ломоносов с запада и песчаным баром реки Нева с востока, располагается Невская губа.

На территории города находится множество как естественных водоемов, так и искусственных. К естественным относятся озера. Наиболее крупными являются Суздальские озера, расположенные в Выборгском районе. К искусственным водоемам относятся карьеры и пруды, расположенные в основном на нижней террасе и питающиеся водами родников на склонах и у подножья литоринового уступа.

Речная сеть Санкт-Петербурга представлена многочисленными реками, главной из которых является Нева. Ее длина в черте города составляет 32 км. Нева является главным источником водоснабжения города. Глубина Невы в среднем 8-11 метров, однако у Литейного моста достигает 26 метров. Ширина – 400-600 м. Годовой расход 77 км<sup>3</sup>/сек. Ее псевдодельта включает 42 острова и 44 реки и канала. Основные рукава – Большая и Малая Нева, Большая, Средняя и Малая Невки, Фонтанка, Екатерингофка, каналы Морской и Обводный.

Крупнейшие острова – Васильевский, Петроградский, Декабристов. На Неве практически не происходят паводки. Подъем уровня воды наблюдается только осенью в связи с действием сильных западных циклонов.

К рекам, питающим в Неву в пределах города, относятся Охта, Черная и Ижора. Остальные реки впадают в Финский залив.

На севере города протекают реки Каменка, Сестра и Рошинка, исток которых находится в болотах Ленинградской области. На юге города протекают Стрелка, Караста, Дудергофка и Пулковка. Их источники расположены вдоль Балтийско-Ладожского глинта.

#### 1.4 Климат

Климат Санкт-Петербурга умеренный, переходный от умеренно континентальному к умеренно морскому. Характерны умеренно мягкая зима и умеренно теплое лето. Влажный.

Характерной чертой климата рассматриваемой местности является непостоянство погоды по причине частой смены воздушных масс: морских, арктических и континентальных. Морские воздушные массы поступают с запада, юго-запада или северо-запада в ходе перемещений атлантических циклонов. Именно действием циклонов объясняются резкие потепления зимой и похолодания в летнее время года. Континентальные воздушные массы поступают с востока, юга или юго-востока. Частой сменой воздушных масс обусловлены суточные перепады температур в Санкт-Петербурге, которые нередко достигают 20°C. (Погода и климат // <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/26063.htm>)

Таблица 1

Температура воздуха в Санкт-Петербурге (период наблюдений 1881 – 2020 гг), °С

Показатель	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Нояб.	Дек.	Год
Абсолютный максимум	8,7	10,2	15,3	25,3	33,0	34,6	35,3	37,1	30,4	21,0	12,3	10,9	37,1
Средний максимум	-3	-3	2,0	9,3	16,0	20,0	23,0	20,8	15,0	8,6	2,0	-1,6	9,1
Средняя температура	-5,5	-5,8	-1,3	5,1	11,3	15,7	18,8	16,9	11,6	6,2	0,1	-3,7	5,8
Средний минимум	-8	-8,5	-4,2	1,5	7,0	11,7	15,0	13,5	8,8	4,0	-1,8	-6,1	2,7

Абсолютный минимум	-35,9	-35,2	-29,9	-21,8	-6,6	0,1	4,9	1,3	-3,1	-12,9	-22,2	-34,4	-35,9
--------------------	-------	-------	-------	-------	------	-----	-----	-----	------	-------	-------	-------	-------

Таблица 2

Количество выпавших осадков, мм (период наблюдений 1836 – 2020 гг)

Показатель	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Нояб.	Дек.
Минимальное	2	3	1	2	2	5	5	1	2	5	2	4
Среднее за 1961–1990	38	31	35	33	38	57	79	80	69	66	55	50
Максимальное	82	92	90	99	127	199	166	197	190	150	118	112
Максимальное за сутки	23	15	26	29	56	45	69	76	34	37	28	28

Таблица 3

Высота снежного покрова (1890 – 2016 гг), см

Показатель	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Нояб.	Дек.
Средняя	25	31	30	10	0	0	0	0	0	0	11	18
Максимальная	63	68	73	53	1	0	0	0	0	16	38	56

За год в Санкт-Петербурге бывает в среднем 75 солнечных дней. Поэтому на протяжении большей части года преобладают дни с облачной, пасмурной погодой, рассеянным освещением. Продолжительность дня в Санкт-Петербурге меняется от 5 часов 51 минуты в зимнее солнцестояние до 18 часов 50 минут в летнее солнцестояние. В городе наблюдаются так называемые «белые ночи», наступающие 25-26 мая, когда солнце опускается за горизонт не более чем на 9°, и вечерние сумерки практически сливаются с утренними. Заканчиваются белые ночи 16-17 июля.

Снежный покров в Санкт-Петербурге держится 120-130 дней. Устойчивый снежный покров образуется в середине декабря и лежит обычно до начала апреля.

## 2 ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

### 2.1 Геологические условия

#### 2.1.1 Стратиграфия

Для описания геологических условий исследуемого района прежде всего необходимо ознакомиться со стратиграфией пород кристаллического фундамента и осадочного чехла Русской плиты, на которых построен наш город.

Кристаллический фундамент представлен магматическими и метаморфическими породами архея и нижнего протерозоя: гранитами, диоритами и гнейсами. Кровля фундамента погружается в южном и юго-восточном направлении. Таким образом мощность осадочного чехла растет от севера Санкт-Петербурга к югу. Глубина вскрытия фундамента варьирует от 180 до 240 м.

Осадочный чехол сложен венд-фанерозойскими и четвертичными отложениями, несогласно залегающими на денудированной кровле кристаллического фундамента.

#### *Протерозойская акротема*

##### *Верхняя эонотема*

##### *Вендская система*

##### *Верхний отдел*

##### *Валдайская серия*

##### *Котлинский горизонт*

Вендские отложения моноклинально залегают на кристаллических породах фундамента.

Нижняя котлинская подсвета ( $V_2kt_1$ ) сформирована песчано-алевролитовыми породами с прослоями уплотненных глин и базальным слоем гравелитовых песчаников и конгломератов. На западе шире распространены песчаники, на востоке – глины. Внутри толщи можно выделить 3 пачки: нижняя сложена гравелито-песчанистыми или песчаными породами, средняя – алеврито-глинистыми, а верхняя – песчано-алевритовыми. Породы подсветы распространены на глубинах от 138 до 145 м. Мощность 30-77 м.

Верхняя котлинская подсвита ( $V_2kt_2$ ) представлена тонкослоистыми серыми и зеленовато-серыми алевритовыми глинами с пленками тонкозернистого пирита и органического вещества на поверхностях напластования, так называемыми, ляминоритовыми пленками. Также в этой толще встречаются прослой, линзы, а иногда отдельные желваки сидерита. Глины гидрослюдистые, частично монтмориллонито-гидрослюдистые. Мощность 80-170 м.

*Фанерозойская эонотема*

*Палеозойская эратема*

*Кембрийская система*

*Нижний отдел*

*Балтийская серия*

Отложения кембрия наиболее часто встречаются в южной части Санкт-Петербурга и слагают Ломоносовскую и Сиверскую свиты.

Ломоносовская свита ( $E_{1lm}$ ) залегает на породах котлинского горизонта и представлена неравномерно переслаивающимися песчаниками, алевролитами и глинами. Песчаники разнозернистые, преимущественно кварцевые, светло-серого цвета залегают в нижней части свиты. Их мощность достигает 2 м.

На поверхности напластования алевролитов и песчаников встречается ляминоритовая пленка. Мощность прослоев алевролитов достигает 0,5 м.

Глины встречаются в виде прослоев и линз мощностью до 1 м. Глины песчанистые и алевритистые с тонкослоистой текстурой и зеленовато-серым оттенком. Гидрослюдистые. Общая мощность свиты 20-30 м.

Сиверская свита ( $E_{1sv}$ ) или горизонт «синих глин» сложена глинами голубого и зеленоватого цвета, с прослоями песчаников и алевролитов и с включениями пирита бурого цвета. Мощность 100-130 м. Карта дочетвертичных отложений представлена на рисунке 4. (Геологический атлас..., 2009)

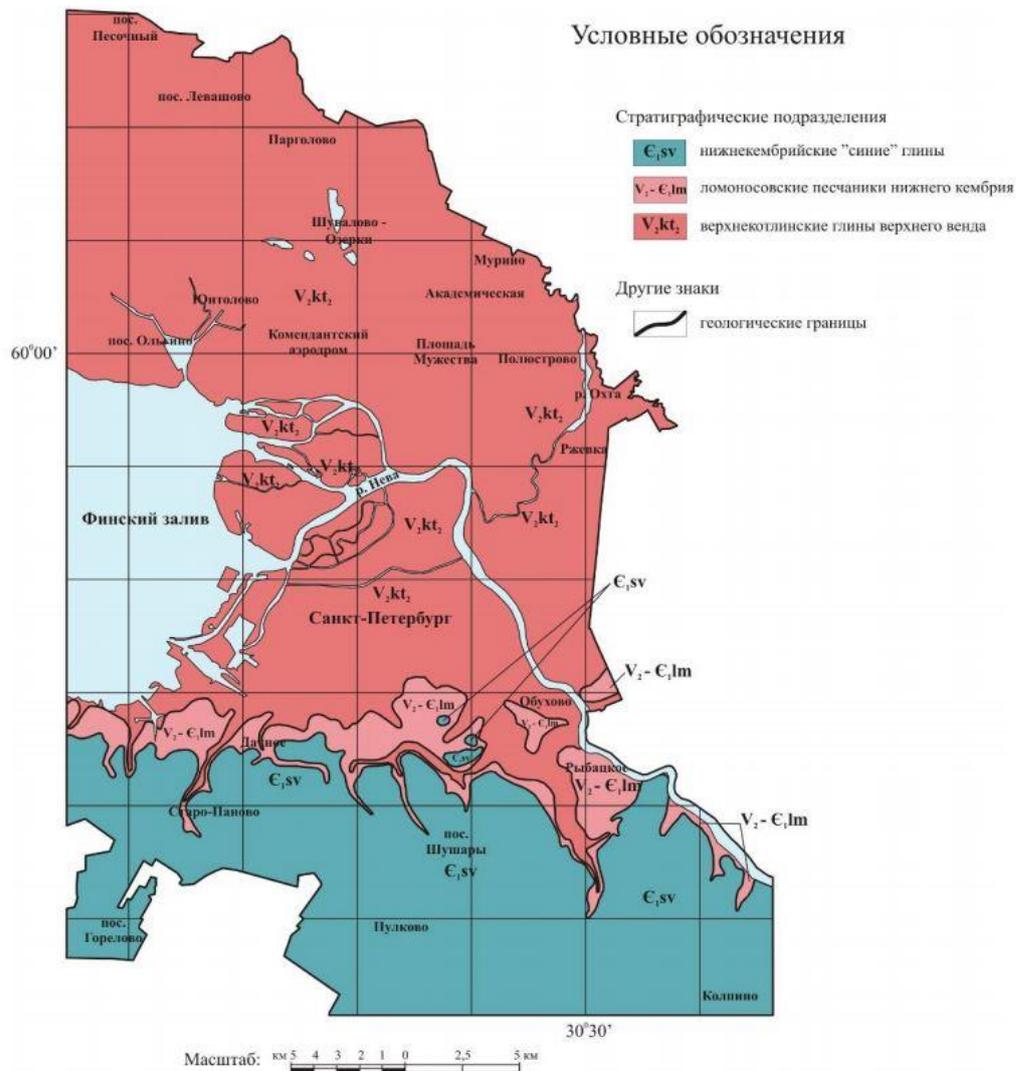


Рис.4 Схематическая геологическая карта дочетвертичных (коренных) отложений Санкт-Петербурга (по данным Геологического атласа Санкт-Петербурга, 2009 г.)

### *Кайнозойская эратема*

### *Четвертичная система*

Отложения четвертичной системы наиболее широко распространены на территории Санкт-Петербурга. Мощность отложений варьирует от 20-30 м до 100-130 м в местах дочетвертичного палеорельефа. Схема четвертичных отложений представлена на рисунке 5. (Геоморфология и четвертичные отложения Северо-Запада Европейской части РСФСР, 1969)

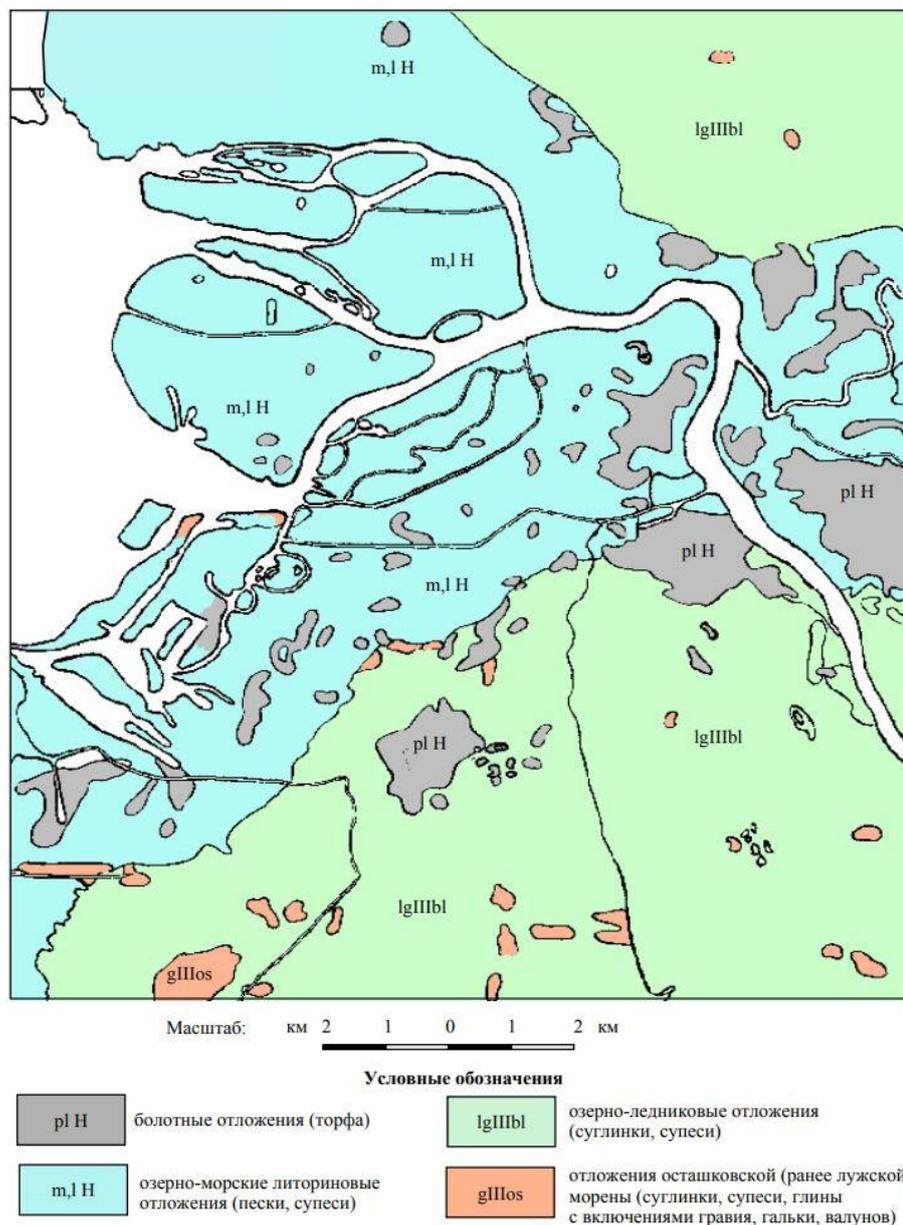


Рисунок 5. Схематическая карта четвертичных отложений Санкт-Петербурга (данные ФГУП «Севзапгеология»).

*Плейстоценовый подраздел*

*Неоплейстоценовый раздел*

Результатом неоплейстоценовых оледенений в стратиграфическом разрезе Санкт-Петербурга стали отложения Вологодской, Московской и Ошашковской морен.

Породы Вологодской (днепровской) морены (*gIIIvl*) заповняют тальвеги глубоких палеодолин и представлены серовато-бурыми суглинками с зеленоватым оттенком. Также для моренных отложений характерно присутствие крупнообломочного материала. Максимальная вскрытая мощность 70 м.

Московская морена (*gIIms*) обнаружена в палеодолинах на севере, юго-востоке и центре города и полностью денудирована там, где рельеф имеет равнинный характер. На севере она сложена серовато-бурыми суглинками и супесями с валунами, щебнем и галькой кристаллических пород. Для северо-восточной части характерен более суглинистый состав, местами с примесью песчаных частиц красно-бурого или реже серого цвета. Характерны крупнообломочные включения дочетвертичного возраста. Мощность достигает первых десятков метров.

Межледниковые отложения микулинского (мгинского) горизонта (*mIIImg*) перекрывают московские отложения. Они сложены морскими осадками, в основном суглинками, реже темно-серыми мелкозернистыми песками с органическими остатками. Отложения того горизонта распространены на севере, востоке и юго-востоке города.

Осташковская морена (*gIIIos*) наиболее широко распространена в черте Санкт-Петербурга. Особенностью этих отложений является переход от супесей с севера к суглинкам на юге. Включения крупнообломочного материала в среднем 8-12%. Глубины залегания морены варьируют от 5-10 до 20-30 м. Отложения Осташковской морены являются надежным основанием под строительство. Мощность достигает первых десятков метров. Максимальная мощность 88 м.

Периодически моренные отложения разделены морскими, озёрными, аллювиальными, водно-ледниковыми осадками. Межледниковые отложения представлены песками, супесями и суглинками. Выделяют два межморенных горизонта: верхний приурочен к перерыву между московской и осташковской моренами, а нижний – к перерыву между вологодской и московской моренами. Их мощности варьируют от 1-2 до 30-45 м в погребенных долинах.

Водно-ледниковые надморенные отложения осташковской стадии (*lgIIIos*) (озерно-ледниковые и флювиогляциальные) сложены мелкозернистыми песками, суглинками, супесями. Для них характерен озово-камовый рельеф и мощности 0,5-14 м.

Озерно-ледниковые отложения Балтийского ледникового озера (*lgIIIbl*) перекрывают моренные и водно-ледниковые отложения осташковского оледенения. Они выполнены тонкослоистыми песками, ленточными глинами и суглинками. Мощность от 1 до 20 м. (Дашко, 2011)

#### *Голоценовый надраздел*

Отложениями голоцена слагают самую верхнюю часть четвертичных отложений Санкт-Петербурга и его окрестностей.

Озерно-морские отложения (*m, l IV*) включают в себя несколько стадий формирования Балтийского моря.

Морские отложения преборальной стадии иольдиевой стадии Балтийского моря можно обнаружить в северной части города. Они выполнены голубовато-серыми суглинками с прослоями песка внизу толщи, а верхняя часть разреза представлена супесями и погребенным торфом. Мощность до 9,5 м.

Отложения анцилового озера представлены в виде неширокой полосы вдоль побережья Финского залива. Толщи этой стадии сложены слюдистыми светло-серыми или голубовато-серыми суглинками, глинами и супесями, изредка кварцевыми песками. Мощность до 4 м.

Отложения литоринового моря представлены в основном песчаными осадками, местами с прослоями глины, алевритоподобных суглинков, органических остатков и торфа. Мощность от 3-5 м до 12-20 м.

Аллювиальные отложения (*aIV*) слагают русловые и пойменные фации. Русловый аллювий выполнен грубообломочными осадками мощностью до 3 м. Пойменный аллювий прослеживается только у р. Невы, здесь он представлен песчано-суглинистыми отложениями.

Болотные отложения (*bIV*) представлены в основном торфом. На сегодняшний день они погребены под техногенными отложениями и распространены преимущественно у границ Санкт-Петербурга. На протяжении всего периода градостроительства болотные отложения подвергались выемке, засыпке либо замывке. Мощность от 0,5 до 8 м.

Техногенные отложения (*tIV*) сложены насыпными и намывными грунтами, отходами строительного и промышленного производства, бытовых свалок, автомобильных и железнодорожных насыпей. Мощность от 1 до 8 м. (Дашко, 2011)

### 2.1.2 Геологическое строение района

Геологическое строение недр Санкт-Петербурга определяется положением в области Балтийского щита, представляющего собой кристаллический фундамент и Восточно-Европейской платформы, сложенной древними осадочными толщами (рис. 6).

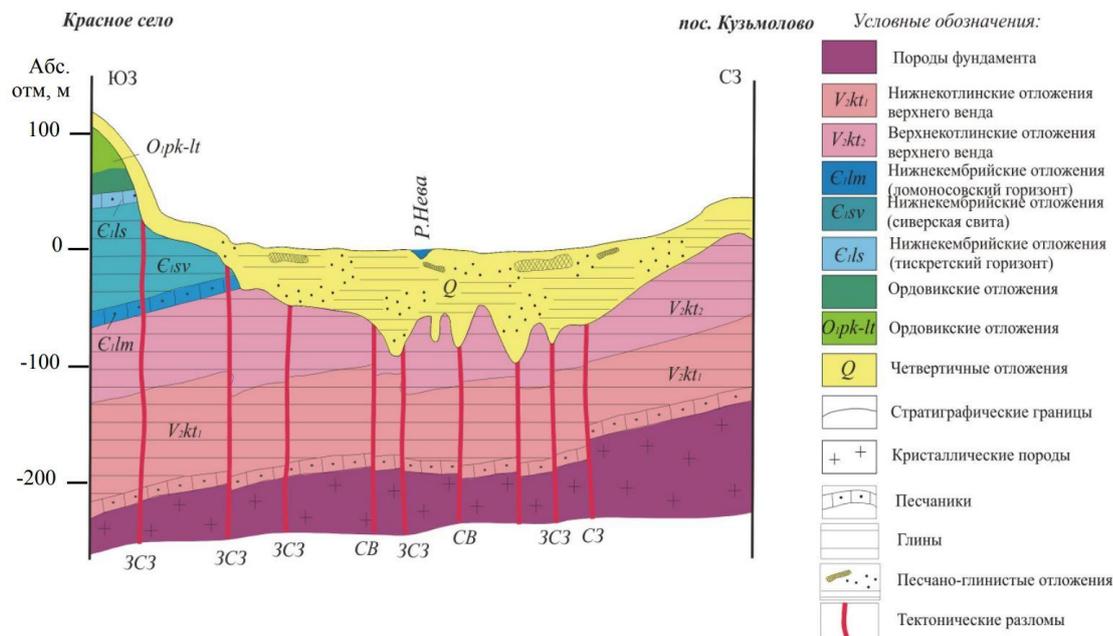


Рисунок 6. Схематический геолого-литологический разрез Санкт-Петербурга с элементами тектоники

Любая платформа имеет двухэтажное строение: кристаллический фундамент и осадочный чехол. Санкт-Петербург расположен на северо-западной окраине Восточно-Европейской платформы, следовательно, в основании толщ, расположенных глубоко под городом, находятся метаморфические и магматические породы, полого погружающиеся в южном и юго-восточном направлении. Выше фундамент несогласно перекрыт чехлом, который можно разделить на две толщи: нижнюю и верхнюю.

Нижний комплекс представлен коренными породами. Породы этой толщи прошли несколько стадий литификации.

Основание этой толщи составляют песчаники нижнекотлинского горизонта. Они являются водоносными и относятся к вендскому водоносному комплексу. Выше лежит горизонт верхнекотлинских глин с прослоями песчаников. Отложения этого горизонта наиболее распространены в центральном и северных районах города. Их мощность, нередко превышающая 100 м, может быть объяснена тем, что осадки этого комплекса зачастую заполняют долины древних рек. Именно через этот горизонт проходят перегонные тоннели Петербургского метро. Выше лежащие кембрийские «синие глины» и ломоносские песчаники распространены в южной части города. К последним приурочен напорный водоносный горизонт.

Все выше лежащие породы относятся к четвертичному периоду и обязаны своим происхождением трем ледниковым, двум межледниковым, позднеледниковым и послеледниковым периодам в геологической истории развития данной территории.

Отложения верхнего комплекса представлены в основном песчано-глинистыми породами. Их мощность зависит от подземного рельефа кровли нижележащего горизонта, которая имеет большие перепады абсолютных отметок в связи с деятельностью дочетвертичных палеорек, существовавших с начала ледникового периода. (Дашко, 2011)

### 2.1.3 Тектоника

Ввиду того, что исследуемая территория расположена в зоне сочленения двух крупных геологических структур (Балтийского щита и Русской плиты), кристаллический фундамент под ней рассечен сетью разломов на многочисленные блоки размером от 40 до 60 км.

Санкт-Петербург расположен в пределах Ленинградского блока, для которого характерны положительные гравитационные аномалии по причине высокой плотности кристаллических пород фундамента. По данным геофизических исследований вдоль блока проходит региональный разлом по линии Вещево-Колпино-Чудово. Его амплитуда составляет 40 метров, что подтверждается смещением вендских пород в северной части города. (Геологический атлас..., 2009)

В результате мощных землетрясений блоки способны двигаться друг относительно друга. Однако информация о том, что землетрясения как-то влияют на сооружения в приразломных зонах, пока что не подтверждена.

В протерозое завершается аккреция западной окраины Русской плиты и около 620 миллионов лет назад начинается формирование осадочного чехла.

Внутри осадочного чехла можно выделить 3 структурных яруса, приуроченных к различным эпохам складчатости: верхнебайкальской ( $V_2-C_1$ ), каледонской ( $C_{1-2}-O$ ) и герцинской. Ярусы отделены друг от друга стратиграфическими перерывами.

Верхнебайкальский структурный ярус развивается на денудированном кристаллическом фундаменте и распространяется на всей территории почти до подножия Балтийско-Ладожского глинта. Эти горизонты осложнены куполообразными поднятиями и впадинами, связанными с нижележащими блоками фундамента.

Каледонский структурный ярус характеризуется перерывом в осадконакоплении и стратиграфическим несогласием с кембрийскими глинами и плавно отражает тектонику нижележащих слоев.

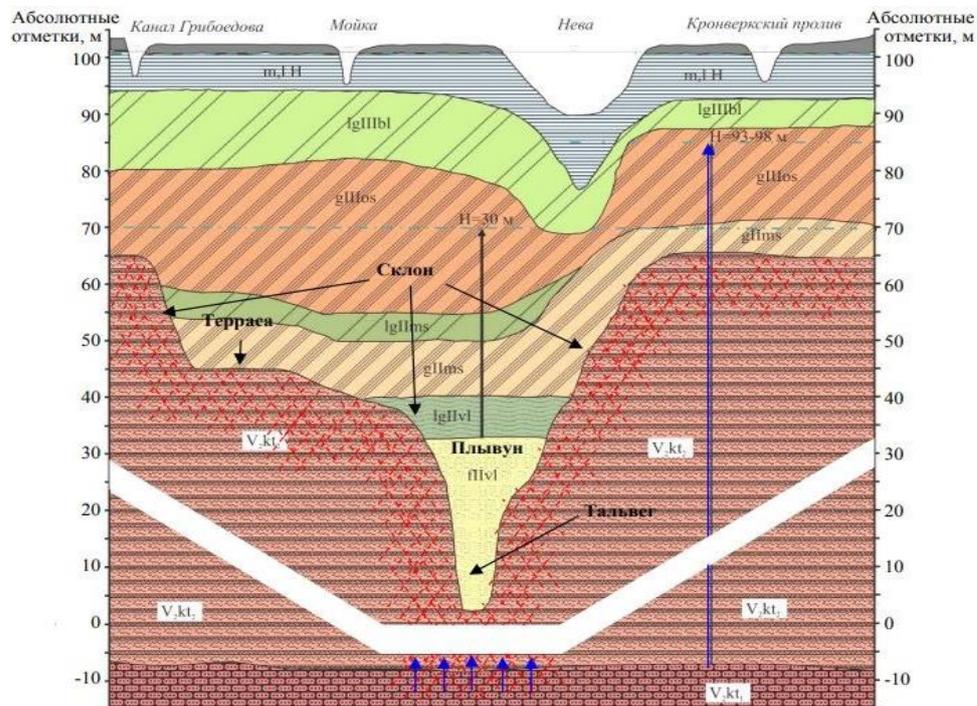
Среди новейших тектонических движений в Санкт-Петербурге выделяют 2 типа: региональные, связанные с поднятием Балтийского щита, и локальные. Основными

неотектоническими процессами, в результате которых возникла асимметрия земной поверхности после схода ледника, являются эпейрогенические движения. Наглядно последствия проявляются в деформации береговых линий и морских бассейнов.

В среднем голоцене, после исчезновения ледяного покрова, начинается вздымание суши со скоростью 0,5-1,5 мм в год, обусловленное процессами изостазии. В некоторых зонах вертикальные движения коры напрямую определяются техногенным фактором: в случае активной застройки в том или ином районе земная кора в нем может погружаться. (Геологический атлас..., 2009)

## 2.2 Гидрогеологические условия

Территория Санкт-Петербурга занимает северо-западную часть Ленинградского артезианского бассейна. Основными водовмещающими породами являются породы четвертичного и дочетвертичного возраста (рис.7).



Условные обозначения

	Техногенные суглинки и супеси со строительным мусором		Венские верхнекотлинские глины с прослоями песчаников
	Морские и озерные пески и супеси		Нижнекотлинские песчанники, содержащие напорные воды венского комплекса
	Озерно-ледниковые леготочные суглинки и глины с линзами песка и супесей	<b>Элементы гидрогеологии</b>	
	Суглинки осташковской морены с включениями гравия и гальки		Уровень грунтовых вод
	Озерно-ледниковые суглинки и глины		Пьезометрическая поверхность венского водоносного комплекса
	Суглинки, реже супеси московской морены с включениями гравия, гальки и валунов		Пьезометрическая поверхность нижнего межморенного водоносного горизонта
	Озерно-ледниковые суглинки и супеси, палеватые пески		Напор водоносных горизонтов
	Флювиогляциальные разнозернистые пески с включением гравия		

Рисунок 7. Схематический геолого-литологический разрез погребенной долины с элементами гидрогеологии (Развитие городов и геотехническое строительство, выпуск №1/2011)

Глубина залегания грунтовых вод достигает 50 м. Основным источником питания являются атмосферные осадки. Изолированные водоносные горизонты содержат солонватую воду с минерализацией 1-5,5 г/дм<sup>3</sup>. (Дашко, 2011) 12

*Дочетвертичные водоносные комплексы*

*Протерозойско-архейский*

Данный водоносный комплекс представлен гранитами и гнейсами кристаллического фундамента и залегает на глубине свыше 140 м. Содержит пресные и гидрокарбонатные натриевые воды.

### Вендский водоносный комплекс

Развит в центральной части Санкт-Петербурга. Сложен переслаивающимися песчаниками, глинами и алевролитами суммарной мощностью 45-90 м. Вендский комплекс содержит высоконапорные воды с минерализацией в пределах от 3,5 до 5 г/дм<sup>3</sup> и характеризуется нестабильным гидродинамическим режимом (рис. 8). Воды данного комплекса агрессивны по отношению к различным конструкционным материалам. Прежнее название вендского водоносного комплекса – гдовский горизонт. Вендский комплекс делится на 3 горизонта: Редькинский водоносный, Редькинский водоупорный и Котлинский водоносный.

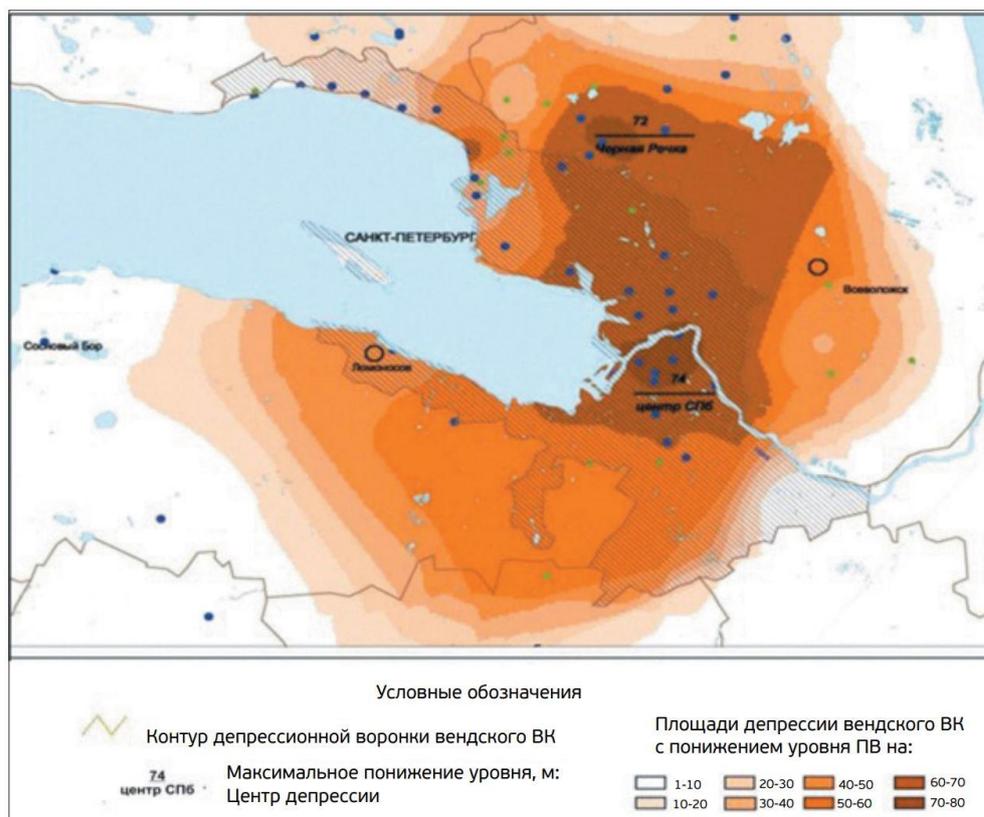


Рисунок 8. Схема пьезометрической депрессии уровней вендского ВК по состоянию на 01.01.1978 – период максимального воздействия водоотбора (В.Н. Пакудина, 2010 год, СЗФ ФГУ НПП «Российский федеральный геологический фонд»)

### Редькинский водоносный горизонт

Выполнен неоднородным песчаником мощностью от 13 до 35 м. Глубина залегания от 90 до 270 м. Подземные воды принадлежат к артезианским. С погружением в юго-восточном направлении гидрокарбонатные воды сменяются хлоридно-гидрокарбонатными и хлоридно-натриевыми.

### *Редькинский водоупорный горизонт*

Залегают на глубине от 80 до 120 м. Мощность 10-20 м. Водоупор представлен глинами и алевролитами с редкими прослойками песчаника. Редькинский водоупорный горизонт разделяет Редькинский и Котлинский водоносные горизонты.

### *Котлинский водоносный горизонт*

Залегают на глубине от 100 до 160 м. Мощность 50-60 м. Котлинский горизонт сложен переслаивающимися песчаником, алевролитом и глиной. Мощность прослоев песчаника разнообразная: от 2-10 см до 2-7 м. Подземные воды относятся к артезианским с естественным напором, достигающим 140-160 м. Однако на сегодняшний день напор не превышает 70-100 м. К северу от Сестрорецка распространены пресные гидрокарбонатные и хлоридно-гидрокарбонатные натриевые воды с минерализацией 0,1-0,3 г/дм<sup>3</sup>. В Сертолово скважинами вскрыты гидрокарбонатные хлоридные воды с минерализацией 0,8 г/дм<sup>3</sup>. В Санкт-Петербурге в верхней части водоносного горизонта распространены хлоридно-натриевые воды с минерализацией 2-2,5 г/дм<sup>3</sup>, с глубиной отмечается увеличение этого показателя до 3,8-4,4 г/дм<sup>3</sup>.

### *Кембрийско-ордовикский водоносный комплекс*

Комплекс состоит из нескольких водоносных горизонтов, большинство из которых напорные. Напоры могут достигать 20 м. Воды пресные гидрокарбонатные магниевые-кальциевые или кальциево-магниевые с минерализациями 0,3-0,6 г/дм<sup>3</sup> и 0,4-0,7 мг/дм<sup>3</sup> соответственно. Глубина залегания комплекса от 25 до 45 м. Отмечается повышенное содержание радона.

### *Котлинский водоупорный горизонт*

Развит повсеместно в пределах Санкт-Петербурга. Глубина залегания от первых метров до 50-70 м. На юго-востоке погружается под кембрийские и ордовикские отложения до глубины 140-180 м. Мощность от 80 до 110 м. Горизонт сложен плотными зеленовато-серыми глинами и является мощным регионально выдержанным водоупором.

### *Ломоносовский водоносный горизонт*

Развит в южной части города и залегает между нижнекембрийскими и верхнекотлинскими глинами. Водоносными породами являются разноместные песчаники. Их мощность может составлять от 3 до 20 м. На юге и юго-западе Санкт-Петербурга ломоносовский водоносный горизонт не перекрывается нижнекембрийскими глинами и

залегает сразу под четвертичными отложениями. Минерализация вод горизонта в пределах города варьирует от 0,4-0,6 г/дм<sup>3</sup> до 1,3 г/дм<sup>3</sup> и более.

#### *Лонтовасский водоупорный горизонт*

Распространен повсеместно в пределах города. На юге перекрывает ломоносовский водоносный горизонт и залегает под четвертичными отложениями на глубине 30-60 м. Водоупор сложен глинами мощностью от 3-10 до 20-90 м. Горизонт «синих глин» является региональным водоупорным слоем ленинградского артезианского бассейна.

#### *Четвертичные водоносные комплексы*

##### *Водоупорный горизонт вологодской морены*

Развит на территории Санкт-Петербурга только в участках палеодолин. Залегает на глубине от 40 до 110 метров. Мощность от 1-2 до 60 м. Отложения горизонта выполнены суглинками с включениями гравия, гальки и валунов.

##### *Вологодско-Московский межморенный водоносный горизонт*

Развит в палеодолинах и в участках понижения дочетвертичного рельефа. Залегает на глубине от 40-60 до 80-100 м. Мощность отложений достигает 30-60 м. Горизонт представлен разнозернистыми песками с включениями гальки, гравия и валунов. Вода артезианская с показателями напора от 20 до 80 м. По составу выделяют гидрокарбонатные, хлоридно-гидрокарбонатные и сульфатно-гидрокарбонатные воды с минерализацией 0,1-0,7 г/дм<sup>3</sup>.

##### *Московский моренный относительно водоупорный горизонт*

Горизонт залегает на глубине от 4 до 40 м. Мощность отложений составляет 40 м. Водовмещающие породы представлены осадки с различным размером частиц: от пылеватых песков до гравийно-галичных и гравийно-валунных разностей. Напор артезианских вод горизонта варьирует от 1 до 40 м. По составу воды гидрокарбонатные, хлоридно-гидрокарбонатные магниевые или натриевые с минерализацией от 0,1 до 0,6 г/дм<sup>3</sup> и с содержанием оксида железа (FeO) до 3-9 мг/дм<sup>3</sup>.

##### *Осташковский моренный безводный слабопроницаемый горизонт*

В пределах Санкт-Петербурга развит повсеместно и отсутствует лишь там, где размыт водно-ледниковыми потоками. На большей части территории моренные отложения перекрыты ледниково-озерными осадками, однако на отдельных площадях имеют поверхностное залегание. Средняя мощность горизонта составляет 10 м, максимальная – 30-

45 м. Морена сложена суглинками и супесями с включением гравия, гальки и валунов. Локальная водоносность связана с прослоями и линзами песков, развитых в толще глинистых пород. Мощность линз изменяется от нескольких сантиметров до 0,8-1 м. Вода имеет гидрокарбонатный магниевый-кальциевый состав с минерализацией 0,3-0,5 г/дм<sup>3</sup>.

#### *Осташковский водно-ледниковый водоносный горизонт*

Имеет широкое площадное распространение. Горизонт сложен камами и озами. Глубина залегания зависит от рельефа дневной поверхности и варьирует от 0,5-1,5 до 10-45 м. Мощность составляет от 5-10 м в низинах до 30-40 м на Колтушской возвышенности. В литологическом плане горизонт выполнен крупнозернистыми песками с гравийно-галечниковыми включениями, а также супесями. Горизонт содержит безнапорные воды пресного гидрокарбонатного магниевый-кальциевого состава с минерализацией 0,1-0,5 г/дм<sup>3</sup>. Нередко наблюдается повышенное содержание нитратов, указывающее на антропогенный характер загрязнения подземных вод. Питание водоносного горизонта происходит по всей площади распространения за счет атмосферных осадков.

#### *Осташковский водно-ледниковый относительно водоупорный горизонт*

Развит повсеместно в пределах города. Залегают на глубинах от 0,2 до 6 м. Мощность варьирует в пределах от 0,8 до 15 м. Отложения горизонта представлены безвалунными суглинками и ленточными глинами, являющимися водоупором, серого и голубовато-серого цвета, содержащими песчаные прослои и линзы. Воды пресные, гидрокарбонатные и сульфатно-гидрокарбонатные магниевый-кальциевые.

#### *Голоценовый морской водоносный горизонт*

Распространение горизонта ограничено побережьем Финского залива. Глубина залегания 0-2 м. Средняя мощность составляет 5-7 м, а максимальная может достигать 15 м. Водовмещающие породы сложены супесями с прослоями суглинков. Воды гидрокарбонатные, хлоридно-гидрокарбонатные, сульфатно-гидрокарбонатные с минерализацией 0,1-0,4 г/л, иногда достигающей 1,2-1,8 г/л. Это может быть связано с наличием загрязняющих веществ, попадающих в воды горизонта.

#### *Голоценовый биогенный водоносный горизонт*

Развит на отдельных участках в различных частях территории. Приурочен к болотным отложениям и залегают на небольших глубинах от 0,1 до 6 м. Мощность от 0,5 до 15 м. Водовмещающими породами являются торфы различной степени разложения.

Подстилающими породами представлены ледниково-озерные суглинки, супеси и пески. Для воды характерен гидрокарбонатный магниевый-кальциевый и кальциевый химический состав с минерализацией 0,03-0,3 г/дм<sup>3</sup>. Содержание железа может достигать 3-8 мг/дм<sup>3</sup>. Воды горизонта не пригодны для питьевого водоснабжения ввиду повышенного содержания растворенных органических веществ и высокой окисляемости.

#### *Голоценовый техногенный водоносный горизонт*

Горизонт развит в северо-западной части Санкт-Петербурга и приурочен к насыпным и намывным пескам. Глубина залегания от 1 до 3 м. Мощность в пределах от 1 до 14 м. В северных и южных частях выражено преобладание сульфатно-гидрокарбонатной воды с минерализацией 0,5 г/дм<sup>3</sup>, в свою очередь состав воды в центральной части города характеризуется как сульфатный и хлоридный с высоким содержанием нитратов, здесь минерализация достигает 1-3,8 г/дм<sup>3</sup>. (Геологический атлас..., 2009)

### 3 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ УЧАСТКА РАБОТ

#### 3.1 Местоположение и климат

Объект расположен по адресу: г. Санкт-Петербург, улица Глухарская, участок 30, (северо-западной пересечения с Планерной улицей кадастровый участок №78:34:0428601:1341 (60°01'59.7"N 30°12'10.9"E) (рис.9, 10).

В административном отношении исследуемый участок проведения работ расположен в Приморском районе города Санкт-Петербурга (рис. 11). Участок с востока ограничен строительной площадкой жилого комплекса, с юга – западным скоростным диаметром, запада – лесным массивом, с севера – строительной площадкой. Площадка изысканий представляет собой частично раскорчеванную.



Рисунок 9. Участок, на котором будет выполнено строительство ДОУ (Google Maps)

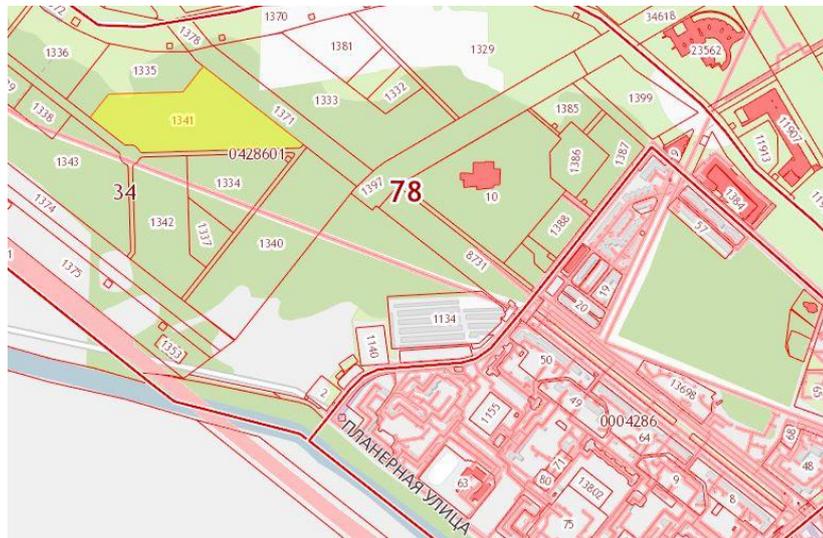


Рисунок 10. Участок на публичной кадастровой карте Санкт-Петербурга (<https://pkk.rosreestr.ru/>)



Рисунок 11. Объект на административной карте Санкт Петербурга (<https://www.google.com/>)

Климат описываемой территории умеренный и влажный, переходящий от морского к континентальному. По климатическому районированию территория относится к району II, подрайону II В. Территория находится под воздействием атлантических и континентальных воздушных масс умеренных широт, частых вхождений арктического воздуха и активной циклонической деятельности. Преобладают преимущественно западные, южные и юго-западные ветры.

Основные климатические характеристики (согласно СП 131.13330.2012):

- самый холодный месяц – январь, самый теплый – июль;
- среднегодовая температура воздуха –  $5,4^{\circ}\text{C}$ ;
- среднемесячная температура января –  $6,6^{\circ}\text{C}$ ;
- среднемесячная температура июля –  $18,3^{\circ}\text{C}$ ;
- средняя суточная амплитуда температуры воздуха в январе –  $5,3^{\circ}\text{C}$ ;
- средняя суточная амплитуда температуры воздуха в июле –  $8,0^{\circ}\text{C}$ ;
- абсолютная минимальная температура воздуха –  $36^{\circ}\text{C}$ ;
- абсолютная максимальная температура –  $37^{\circ}\text{C}$ ;
- средняя месячная относительная влажность воздуха января – 86%;
- средняя месячная относительная влажность воздуха июля – 72%;
- количество осадков за ноябрь-март – 202 мм, апрель-октябрь – 423 мм;

Преобладающее направление ветра зимой за декабрь-февраль – западное, летом за июнь-август – западное. (Отчет: «Строительство общеобразовательной школы...», 2019)

Продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха  $<0^{\circ}\text{C}$  - 131 сут. Температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,98 - минус  $28^{\circ}\text{C}$ .

Повышение средней месячной температуры начинается с марта. Устойчивые морозы прекращаются в середине марта. В первой декаде апреля наблюдается весенний переход средней суточной температуры через  $0^{\circ}\text{C}$ . Устойчивый переход средней суточной температуры через  $5^{\circ}\text{C}$  в сторону понижения происходит в октябре, через  $0^{\circ}\text{C}$  – в ноябре, через минус  $5^{\circ}\text{C}$  – в декабре. Снег обычно выпадает в начале ноября и держится до середины апреля. Средняя длительность его залегания 110-145 дней; к концу февраля снеговой покров достигает своей максимальной мощности - 30-32 см. Снеготаяние начинается в первой декаде апреля и в среднем продолжается 10-15 дней.

Термический режим почвенного покрова зависит от прихода солнечной радиации, циркуляции атмосферы, влажности, а также от механического состава и типа почвы, характера растительности, формы рельефа и экспозиции склонов.

Средняя годовая температура поверхности почвы положительная и равна плюс 5,0°С. В годовом ходе максимальное значение приходится на июль, а минимум - на февраль.

Средние месячные температуры поверхности почвы, как и температуры воздуха, могут существенно изменяться от года к году. Отрицательные значения температуры поверхности почвы отмечаются с ноября по март. (Отчет: «Строительство общеобразовательной школы...», 2019)

Нормативная глубина промерзания грунтов в соответствии с СП 22.13330.2011 для насыпных грунтов – 1,20 м, для супесей– 1,20 м, для суглинков – 0,98м (с учетом абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур за год, принятых по Санкт-Петербургу).

### 3.2 Геоморфология и рельеф

В геоморфологическом отношении рассматриваемая территория расположена в пределах Приморской низины.

Гидрографическая сеть района относится к бассейну Балтийского моря.

Участок изысканий относительно ровный. Абсолютные отметки поверхности земли по данным высотной привязки устьев скважин на настоящее время составляют 3,0-4,0 м. (Отчет: «Строительство общеобразовательной школы...», 2019)

### 3.3 Геологическое строение участка работ

В геологическом строении участка в пределах глубины изысканий 25,0 м. принимают участие Техногенные отложения (t IV), Озерно-ледниковые отложения (lg III), Ледниковые отложения (g III), Озерные, озерно-ледниковые и флювио-гляциальные отложения (l,lg,f II-III), Ледниковые отложения (g II) и Котлинские отложения (V kt2).

Местами с поверхности залегает почвенно-растительный слой мощностью от 0.1 до 0.4 м. В отдельный ИГЭ не выделялся.

*Техногенные отложения* представлены насыпными грунтами: песками влажными (ИГЭ 1). Вскрытая мощность отложений составляет от 0.5 до 1.4 м., их подошва пересечена на глубинах от 0.5 до 1.4 м., абс. отметки от 2.2 до 3.5 м.

*Озерно-ледниковые отложения lg III* представлены супесями пылеватыми пластичной консистенции коричневыми (ИГЭ 3). Вскрытая мощность отложений составляет от 0.7 до 2.0 м., их подошва пересечена на глубинах от 1.6 до 2.5 м., абс. отметки от 1.0 до 2.0 м.

*Ледниковые отложения g III* представлены супесями песчанистыми пластичной консистенции серовато-коричневыми (ИГЭ 4) и супесями песчанистыми твердой консистенции серовато-коричневыми (ИГЭ 6). Вскрытая мощность отложений составляет от 0,9 до 5.6 м., их подошва пересечена на глубинах от 3.1 до 6.3 м., абс. отметки от «минус»2.3 до 0.6 м.

*Озерные, озерно-ледниковые и флювио-гляциальные отложения l,lg,f II-III* представлены суглинками легкими пылеватыми полутвердой консистенции серовато-коричневыми (ИГЭ 7), супесями пылеватыми пластичной консистенции серовато-коричневыми (ИГЭ 8), песками пылеватыми плотными серыми насыщенными водой (ИГЭ 10), суглинками тяжелыми пылеватыми твердой консистенции коричневыми (ИГЭ 12) и суглинками тяжелыми пылеватыми полутвердой консистенции коричневыми (ИГЭ 12а). Вскрытая мощность отложений составляет от 6.1 до 14.2 м., их подошва пересечена на глубинах от 12.0 до 19.2 м., абс. отметки от «минус» 15.7 до «минус» 8.4 м.

*Ледниковые отложения g II* представлены супесями песчанистыми твердой консистенции коричневыми (ИГЭ 13) и суглинками легкими пылеватыми твердой консистенции серовато-коричневыми (ИГЭ 14). Вскрытая мощность отложений составляет от 5.8 до 13.0 м., их подошва частью скважин пересечена на глубинах от 24.0 до 24,6 м., абс. отметки от «минус»21.0 до «минус»20,5 м. Частью скважин подошва отложений достигнута не была.

*Котлинские отложения V kt2* представлены глинами пылеватыми твердой консистенции серовато-зелеными (ИГЭ 15). Вскрытая мощность отложений составляет от 0.4 до 1.0 м., пройдены частью скважин до глубины 25.0 м., абс. отметки от «минус» 21.9 до «минус» 21.4 м. (Отчет: «Строительство общеобразовательной школы...», 2019)

### 3.4 Физико-механические свойства грунтов

Полевые работы были выполнены в июле-августе 2019 года.

Бурение скважин глубиной 25,0м производилось колонковым способом установкой УРБ 2А2 на базе КамАЗ (рис. 12).



Рисунок 12. Буровая установка УРБ 2А2 на базе автомобиля КамАЗ.

Из отобранных монолитов и образцов грунта (рис. 13) и подземных вод, с целью определения физико-механических характеристик грунтов и назначением нормативных показателей, установления коррозионной агрессивности подземных вод, определения химического состава подземных вод проводились следующие испытания:

По всем образцам ненарушенного сложения, согласно СП 11-105-97, были выполнены определения природной влажности, влажности на границах текучести и раскатывания, плотность, плотность сухого грунта по ГОСТ 5180-2015, гранулометрический состав грунтов по ГОСТ 12536-2014, также вычислены коэффициент пористости, степень влажности ГОСТ 5180-2015, число пластичности и показатель текучести (для связных разностей). Консистенция грунтов определялась методом определения границ текучести и раскатывания (ГОСТ 5180-2015).

Для песков было выполнено определение гранулометрического состава.



Рисунок 13. Керны, извлеченные в процессе бурения

По результатам выполненных работ в пределах исследуемой толщи, выделено 12 инженерно-геологических элементов (ИГЭ). Инженерно-геологические элементы выделялись с учётом возраста, генезиса, текстурно-структурных особенностей, показателей свойств и состава, номенклатурного вида грунтов. Правильность выделения ИГЭ проверена на основе анализа пространственной изменчивости показателей физических свойств и состава грунтов в соответствии с требованиями ГОСТ 20522-2012.

Механические показатели грунтов даны на основании:

1. Для песчаных грунтов ИГЭ-10 модуль общей деформации  $E$ , угол внутреннего трения  $\varphi$  и сцепление  $C$  – по СП 22.13330.2011 с учетом данных статического зондирования, плотность сложения принята по результатам статического зондирования;
2. Для глинистых грунтов модуль общей деформации  $E$ , угол внутреннего трения  $\varphi$  и сцепление  $C$  – по результатам лабораторных испытаний на компрессионное сжатие с учетом данных статического зондирования, угол внутреннего трения  $\varphi$  и сцепление  $C$  – по результатам лабораторных испытаний на сдвиг.

*Техногенные отложения – t IV (ИГЭ-1)*

(ИГЭ-1) Насыпные грунты: пески влажные щебень, мусор строительный.

*Озерно-ледниковые отложения – lg III (ИГЭ-3)*

(ИГЭ-3) Супеси пылеватые пластичные коричневые с прослоями песка.

*Ледниковые отложения g III (ИГЭ-4,6)*

(ИГЭ-4) Супеси песчанистые пластичные серовато-коричневые с гравием, галькой до 10% с валунами с линзами песка.

(ИГЭ-6) Супеси песчанистые твердые серовато-коричневые с гравием, галькой до 10% с валунами с линзами песка.

*Озерные, озерно-ледниковые и флювио-гляциальные отложения l,lg,f II-III (ИГЭ-7,8,10,12,12a)*

(ИГЭ-7) Суглинки легкие пылеватые полутвердые серовато-коричневые слоистые.

(ИГЭ-8) Супеси пылеватые пластичные серовато-коричневые с прослоями песка с редким гравием

(ИГЭ-10) Пески пылеватые плотные серые насыщенные водой с прослоями супеси с редким гравием.

(ИГЭ-12) Суглинки тяжелые пылеватые твердые коричневые слоистые.

(ИГЭ-12a) Суглинки тяжелые пылеватые полутвердые коричневые слоистые.

*Отложения морены (g II) (ИГЭ-13,14)*

(ИГЭ-13) Супеси песчанистые твердые коричневые с гравием, галькой до 15% с валунами с линзами песка.

(ИГЭ-14) Суглинки легкие пылеватые твердые серовато-коричневые с гравием, галькой до 15% с линзами песка.

*Котлинские отложения (V kt2 (ИГЭ-15)*

(ИГЭ-15) Глины пылеватые твердые серовато-зеленые дислоцированные с прослоями песка. (Отчет: «Строительство общеобразовательной школы...», 2019)

В соответствии с таблицей В.1 СП 28.13330.2017 по отношению к бетону нормальной проницаемости грунты неагрессивны.

В соответствии с таблицей В.2 СП 28.13330.2017 по отношению к арматуре в железобетонных конструкциях неагрессивны.

В соответствии с ГОСТ 9.602-2005 грунты характеризуются средней коррозионной агрессивностью по отношению алюминиевой, средней - к свинцовой оболочкам кабеля. Коррозионная агрессивность грунтов по отношению к углеродистой и низколегированной стали оценивается как высокая (ГОСТ 9.602-2016).

Результаты проведенных лабораторных исследований по определению гранулометрического состава, физических свойств для грунтов каждого из выделенных ИГЭ, а также по определению химического состава и коррозионной активности грунтовых вод по отношению к бетонным конструкциям приведены в таблицах 4-27.

Таблица 4

Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ-1

№ геолог. выаб.	Глубина отбора проб, м	% содержания частиц по фракциям (мм)									
		> 10,0	10,0-2,0	2,0-1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,005
8	0,3			16,7	29,7	30,9	15,1	7,6			
10	0,5		4,7	16,5	25,4	25,3	14,6	13,5			
11	0,3	2,8	4,5	8,1	13,4	22,8	23,4	15,8	4,9	2,3	2,0
12	0,3	6,5	6,9	10,5	11,2	20,4	19,6	18,8	3,9	2,2	

Таблица 5

Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ-1

№ геолог. выаб	Глубина отбора проб, м	Влажность, дол.ед			Число пластич.	Плотность, т/м <sup>3</sup>			Коэф. порист. прир.	Коэф. водонасыщ.	Показатель консистенц., дол.ед.	
		прир.	на границе			грунта	скелет.	частиц.			e	S <sub>r</sub>
			текуч.	раскат.	I <sub>p</sub>				ρ	ρ <sub>d</sub>		
6	1,0	0,249	0,311	0,233	0,078	2,00	1,60	2,70	0,686	0,98	0,21	
8	0,3	0,097						2,65				
10	0,5	0,109						2,66				

Таблица 6

Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ-3

№ геолог. выаб.	Глубина отбора проб, м	% содержания частиц по фракциям (мм)									
		> 10,0	10,0-2,0	2,0-1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,005
11	0,8				0,2	0,8	1,3	18,0	50,8	18,3	10,6
11	1,5			0,8	1,1	1,5	0,9	16,3	54,6	15,6	9,2
11	2,5				0,5	0,6	0,8	14,4	60,2	12,2	11,3
12	0,8				0,5	1,0	1,1	19,1	48,3	20,1	9,9
12	1,4			0,1	0,4	3,9	0,5	19,2	42,9	21,1	11,9
3	1,4				0,1	0,7	0,3	15,8	63,4	11,1	8,6

Таблица 7

## Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ-3

№ геолог. выаб.	Глубина отбора проб, м	Влажность, дол.ед			Число пластичн.	Плотность, т/м <sup>3</sup>			Коэф. порист. прир.	Коэф. водонасыщ.	Показатели консистенц., дол.ед.	
		W	W <sub>L</sub>	W <sub>P</sub>		I <sub>P</sub>	ρ	ρ <sub>d</sub>			ρ <sub>s</sub>	e
11	0,8	0,202	0,221	0,161	0,060	2,06	1,71	2,69	0,570	0,95	0,68	
11	1,5	0,190	0,218	0,155	0,063	2,07	1,74	2,69	0,546	0,94	0,56	
11	2,5	0,209	0,233	0,171	0,062	2,04	1,69	2,69	0,594	0,95	0,61	
12	0,8	0,202	0,229	0,164	0,065	2,05	1,71	2,68	0,571	0,95	0,58	
12	1,4	0,228	0,253	0,195	0,058	2,05	1,67	2,69	0,611	1,00	0,57	
3	1,4	0,188	0,242	0,188	0,054	2,09	1,76	2,68	0,523	0,96	0,00	
6	1,8	0,199	0,263	0,196	0,067	2,09	1,74	2,69	0,543	0,99	0,04	
7	1,0	0,180	0,250	0,186	0,064	2,12	1,80	2,69	0,497	0,97	-0,09	

Таблица 8

## Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ-4

№ геолог. выаб.	Глубина отбора проб, м	% содержания частиц по фракциям (мм)									
		> 10,0	10,0-2,0	2,0-1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,005
1	1,4	1,0	2,2	1,0	2,2	8,6	1,3	19,9	42,5	11,2	10,1
1	3,4	2,1	3,1	4,1	8,2	20,9	1,3	21,5	13,3	6,9	18,6
10	1,0	2,3	2,8	4,7	6,8	24,3	2,3	34,2	1,5	4,5	13,6
10	2,7	7,8	3,2	3,8	5,4	21,1	1,3	33,1	4,8	4,9	14,6
10	4,0	4,2	3,2	3,1	5,7	22,2	2,3	28,7	11,9	5,6	13,1
11	3,0	1,5	3,2	3,3	6,8	16,9	2,6	33,8	12,8	5,3	13,8
11	3,6	5,2	4,3	3,3	2,8	6,6	2,8	4,3	48,2	12,7	9,8
12	3,0	2,9	3,6	2,9	7,2	23,5	1,2	20,8	18,5	8,8	10,6

Таблица 9

## Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ-4

№ геолог. выаб.	Глубина отбора проб, м	Влажность, дол.ед			Число пластичн.	Плотность, т/м <sup>3</sup>			Коэф. порист. прир.	Коэф. водонасыщ.	Показатели консистенц., дол.ед.	
		прир.	на границе			грунта	скелет.	частиц.			S <sub>r</sub>	I <sub>L</sub>
			текуч.	раскат.	ρ				ρ <sub>d</sub>	ρ <sub>s</sub>		
1	1,4	0,180	0,219	0,179	0,040	2,10	1,78	2,67	0,500	0,96	0,03	
1	3,4	0,181	0,223	0,158	0,065	2,13	1,80	2,70	0,497	0,98	0,35	
10	1,0	0,136	0,183	0,119	0,064	2,23	1,96	2,69	0,370	0,99	0,27	
10	2,7	0,130	0,172	0,111	0,061	2,25	1,99	2,69	0,351	1,00	0,31	
10	4,0	0,128	0,150	0,1099	0,051	2,25	1,99	2,68	0,344	1,00	0,57	
11	3,0	0,136	0,148	0,091	0,057	2,23	1,96	2,69	0,370	0,99	0,79	
11	3,6	0,169	0,200	0,152	0,048	2,15	1,84	2,68	0,457	0,99	0,35	
12	3,0	0,118	0,169	0,115	0,054	2,26	2,02	2,68	0,326	0,97	0,06	

2	1,4	0,136	0,154	0,116	0,038	2,22	1,95	2,67	0,366	0,99	0,53	
2	3,0	0,133	0,147	0,103	0,044	2,23	1,97	2,67	0,357	1,00	0,68	
5	2,2	0,132	0,149	0,113	0,036	2,23	1,97	2,67	0,355	0,99	0,53	
5	3,4	0,130	0,139	0,104	0,035	2,23	1,97	2,67	0,353	0,98	0,74	

Таблица 10

Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ-6

№ геолог. выаб.	Глубина отбора проб, м	% содержания частиц по фракциям (мм)										
		> 10,0	10,0-2,0	2,0-1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,005	
1	4,2	6,2	3,4	2,5	5,8	21,7	3,2	19,3	15,3	8,8	13,8	
10	6,2	1,8	1,8	2,8	5,7	22,7	1,1	22,9	8,5	7,9	15,8	
2	4,4	0,3	2,2	2,3	6,1	24,1	2,9	30,7	14,2	8,1	9,1	
8	4,4	0,4	3,3	4,6	6,1	5,2	4,4	46,1	10,1	9,8	10,0	
9	5,2	6,8	4,0	4,5	5,4	21,0	1,3	24,5	11,8	5,6	15,1	

Таблица 11

Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ-6

№ геолог. выаб	Глубина отбора проб, м	Влажность, дол.ед			Число пластичн.	Плотность, т/м <sup>3</sup>			Коэф. порист. прир.	Коэф. водонасыщ.	Показатели консистенц., дол.ед.	
		прир.	на границе			грунта	скелет.	частиц.			e	S <sub>r</sub>
			текуч.	раскат.	ρ				ρ <sub>d</sub>	ρ <sub>s</sub>		
W	W <sub>L</sub>	W <sub>p</sub>	I <sub>p</sub>	ρ	ρ <sub>d</sub>	ρ <sub>s</sub>	e	S <sub>r</sub>	I <sub>L</sub>	C <sub>v</sub>		
1	4,2	0,073	0,139	0,097	0,042	2,36	2,20	2,67	0,214	0,91	-0,57	
10	6,2	0,098	0,159	0,107	0,052	2,31	2,10	2,68	0,274	0,96	-0,17	
2	4,4	0,069	0,123	0,082	0,038	2,36	2,21	2,67	0,209	0,88	-0,34	
5	1,0	0,098	0,160	0,106	0,054	2,32	2,11	2,68	0,268	0,98	-0,15	
8	4,4	0,089	0,155	0,102	0,053	2,34	2,15	2,68	0,247	0,96	-0,25	

Таблица 12

Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ-7

№ геолог. выаб.	Глубина отбора проб, м	% содержания частиц по фракциям (мм)										
		> 10,0	10,0-2,0	2,0-1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,005	
1	5,2				0,1	0,6	0,3	26,8	29,1	13,5	29,6	
3	13,5				0,5	0,9	1,3	27,1	22,7	13,7	33,8	
3	15,4	0,5	0,6	1,2	2,2	8,1	0,9	25,6	12,2	12,8	35,9	

Таблица 13

Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ-7

		Влажность, дол.ед		Число пластичн.	Плотность, т/м <sup>3</sup>		Коэф. водонасыщ.
		прир.	на границе				

№ геолог. выаб	Глубина отбора проб, м	теуч.		раскат.	Ip	грунта	скелет.	частиц.	Коэф. порист. прир.	Sr	Показатели консистенц., дол.ед.	
		W	WL								WP	ρ
1	5,2	0,198	0,269	0,186	0,083	2,09	1,74	2,71	0,553	0,97	0,14	
1	17,0	0,247	0,336	0,220	0,116	2,00	1,60	2,72	0,696	0,97	0,23	
11	13,0	0,243	0,288	0,206	0,082	2,02	1,63	2,70	0,661	0,99	0,45	
3	13,5	0,230	0,311	0,208	0,103	2,02	1,64	2,71	0,650	0,96	0,21	
3	15,4	0,227	0,308	0,208	0,100	2,02	1,65	2,71	0,646	0,95	0,19	
4	13,0	0,242	0,320	0,236	0,084	2,00	1,61	2,71	0,683	0,96	0,07	
5	15,2	0,239	0,333	0,213	0,120	2,03	1,64	2,72	0,660	0,98	0,22	

Таблица 14

Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ-8

№ геолог. выаб.	Глубина отбора проб, м	% содержания частиц по фракциям (мм)									
		> 10,0	10,0-2,0	2,0-1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,005
1	14,2					0,5	0,2	18,2	60,3	11,9	8,9
1	15,4				0,1	1,3	0,5	43,9	37,3	5,6	11,3
2	14,0				0,2	0,3	0,3	22,3	53,9	12,1	10,9
7	7,5				0,3	1,7	3,1	30,0	44,2	10,1	10,6
7	8,5				0,5	0,8	2,6	23,3	50,6	12,3	9,9

Таблица 15

Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ-8

№ геолог. выаб.	Глубина отбора проб, м	Влажность, дол.ед.			Число пластичн.	Плотность, т/м <sup>3</sup>			Коэф. порист. прир.	Коэф. водонасыщ.	Показатели консистенц., дол.ед.	
		прир.	на границе			грунта	скелет.	частиц.			e	Sr
			теуч.	раскат.	Ip				ρ	ρd		
1	14,2	0,229	0,276	0,222	0,054	2,03	1,65	2,68	0,623	0,99	0,13	
1	15,4	0,215	0,252	0,204	0,048	2,05	1,69	2,68	0,588	0,98	0,23	
2	14,0	0,210	0,260	0,214	0,046	2,03	1,68	2,68	0,597	0,94	-0,09	
7	5,0	0,232	0,259	0,208	0,051	2,03	1,65	2,68	0,627	0,99	0,47	
7	7,5	0,230	0,277	0,219	0,058	2,02	1,64	2,68	0,632	0,98	0,19	
7	8,5	0,218	0,266	0,211	0,055	2,04	1,67	2,69	0,606	0,97	0,13	
7	10,2	0,215	0,250	0,206	0,044	2,05	1,69	2,68	0,588	0,98	0,20	

Таблица 16

Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ-10

№ геолог. выаб.	Глубина отбора проб, м	% содержания частиц по фракциям (мм)									
		> 10,0	10,0-2,0	2,0-1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,005
1	6,6		2,2	2,7	5,6	20,7	1,7	37,2	24,2	3,0	2,7

10	9,8			0,6	0,1	0,7	0,2	66,2	25,2	3,5	3,5
10	12,2	6,8	4,0	3,2	4,5	25,8	1,2	40,7	10,2	2,2	1,4
12	5,2	0,1	2,1	3,7	10,3	36,8	4,7	27,2	10,9	1,5	2,7
12	6,0	0,2	1,4	0,3	0,3	1,2	0,6	38,9	48,7	5,3	3,1
2	8,4			0,6	1,1	3,3	0,7	47,1	26,8	7,1	3,3
2	15,4				0,2	0,3	0,5	35,3	53,8	6,8	3,1
3	11,8				0,1	0,3	0,3	30,8	52,9	12,8	2,8

Таблица 17

Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ-10

№ геолог. выаб.	Глубина отбора проб, м	Влажность, дол.ед			Число пластичн.	Плотность, т/м <sup>3</sup>			Коэф. порист. прир.	Коэф. водонасыщ.	Показатели консистенц., дол.ед.	
		прир.	на границе			грунта	скелет.	частиц.			e	S <sub>r</sub>
			текуч.	раскат.	I <sub>p</sub>				ρ	ρ <sub>d</sub>		
W	W <sub>L</sub>	W <sub>p</sub>	I <sub>p</sub>	ρ	ρ <sub>d</sub>	ρ <sub>s</sub>	e	S <sub>r</sub>	I <sub>L</sub>	C <sub>B</sub>		
1	6,6							2,66				
10	9,8							2,66				
10	12,2							2,66				
12	3,7							2,66				
12	5,2							2,66				
12	6,0							2,66				
12	11,0							2,66				

Таблица 18

Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ-12

№ геолог. выаб.	Глубина отбора проб, м	% содержания частиц по фракциям (мм)									
		> 10,0	10,0-2,0	2,0-1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,005
10	10,7			0,2	0,3	0,8	0,3	15,8	22,7	13,6	46,3
12	11,8				0,1	0,5	0,2	36,0	14,8	14,8	33,6
2	6,4					0,9	2,1	16,2	26,8	10,2	43,8
7	12,0			1,2	21	6,8	1,0	32,7	3,0	6,7	46,5
9	9,3			0,1	0,1	0,8	0,5	18,7	28,5	7,0	44,3

Таблица 19

Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ-12

№ геолог. выаб.	Глубина отбора проб, м	Влажность, дол.ед			Число пластичн.	Плотность, т/м <sup>3</sup>			Коэф. порист. прир.	Коэф. водонасыщ.	Показатели консистенц., дол.ед.	
		прир.	на границе			грунта	скелет.	частиц.			e	S <sub>r</sub>
			текуч.	раскат.	I <sub>p</sub>				ρ	ρ <sub>d</sub>		
W	W <sub>L</sub>	W <sub>p</sub>	I <sub>p</sub>	ρ	ρ <sub>d</sub>	ρ <sub>s</sub>	e	S <sub>r</sub>	I <sub>L</sub>	C <sub>B</sub>		
10	10,7	0,182	0,301	0,187	0,114	2,06	1,74	2,72	0,561	0,88	-0,04	
12	11,8	0,229	0,345	0,239	0,106	2,01	1,64	2,71	0,657	0,94	-0,09	
2	5,8	0,265	0,474	0,279	0,195	1,97	1,56	2,74	0,759	0,96	-0,07	
2	6,4	0,226	0,410	0,250	0,160	2,03	1,66	2,73	0,649	0,95	-0,15	

2	7,2	0,215	0,375	0,221	0,154	2,06	1,70	2,74	0,616	0,96	-0,04	
6	6,2	0,208	0,340	0,224	0,116	2,07	1,71	2,73	0,593	0,96	-0,14	
7	12,0	0,182	0,339	0,227	0,112	2,11	1,79	2,72	0,524	0,95	-0,40	
9	9,3	0,187	0,345	0,213	0,132	2,10	1,77	2,72	0,537	0,95	-0,20	

Таблица 20

Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ-12а

№ геолог. выаб.	Глубина отбора проб, м	% содержания частиц по фракциям (мм)										
		> 10,0	10,0-2,0	2,0-1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,005	
1	13,0			0,1	0,1	0,9	0,2	21,0	18,8	11,7	47,2	
2	11,0				0,2	0,6	0,3	15,6	21,5	14,2	47,6	
4	5,5			0,1	0,1	0,5	0,3	30,4	14,5	8,7	45,4	
7	13,7					0,9	0,2	33,5	7,8	7,8	49,8	
8	16,6					0,5	0,3	30,8	10,1	9,8	48,5	

Таблица 21

Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ-12а

№ геолог. выаб.	Глубина отбора проб, м	Влажность, дол.ед			Число пластичн.	Плотность, т/м <sup>3</sup>			Коэф. порист. прир.	Коэф. водонасыщ.	Показатели консистенц., дол.ед.	
		прир.	на границе			грунта	скелет.	частиц.			e	S <sub>r</sub>
			текуч.	раскат.	ρ				ρ <sub>d</sub>	ρ <sub>s</sub>		
W	W <sub>L</sub>	W <sub>p</sub>	I <sub>p</sub>	ρ	ρ <sub>d</sub>	ρ <sub>s</sub>	e	S <sub>r</sub>	I <sub>L</sub>	C <sub>v</sub>		
1	13,0	0,272	0,271	0,246	0,125	1,97	1,55	2,72	0,756	0,98	0,21	
2	11,0	0,248	0,352	0,221	0,131	2,00	1,60	2,72	0,697	0,97	0,21	
2	13,2	0,265	0,416	0,250	0,166	1,98	1,57	2,74	0,751	0,97	0,09	
2	18,0	0,222	0,338	0,217	0,212	2,05	1,68	2,71	0,615	0,98	0,04	
4	5,5	0,256	0,345	0,211	0,134	2,2	1,61	2,73	0,698	1,00	0,34	
6	13,8	0,292	0,461	0,284	0,177	1,94	1,50	2,74	0,825	0,97	0,05	
7	13,7	0,293	0,295	0,239	0,156	1,95	1,51	2,73	0,810	0,99	0,35	
8	16,6	0,265	0,410	0,264	0,146	1,99	1,58	2,73	0,735	0,98	0,01	

Таблица 22

Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ-13

№ геолог. выаб.	Глубина отбора проб, м	% содержания частиц по фракциям (мм)										
		> 10,0	10,0-2,0	2,0-1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,005	
1	24,8	24,4	2,5	3,1	7,3	16,7	1,8	16,4	10,6	5,1	12,1	
11	18,2	2,2	2,5	0,1	9,5	23,6	1,7	24,5	15,8	6,5	13,6	
11	21,0	2,8	2,7	0,2	12,6	22,0	1,1	17,8	15,5	9,0	16,3	
11	23,4	1,2	1,5	0,1	7,6	26,9	1,8	24,8	10,9	10,9	14,3	
12	14,0	2,6	2,4	2,5	8,1	24,0	1,3	25,7	11,2	6,0	16,2	
12	16,2	0,7	1,8	1,6	5,1	21,0	1,6	26,2	13,3	11,4	17,3	
12	17,4	1,4	2,5	2,5	6,3	24,8	1,7	23,5	13,5	7,9	15,9	

Таблица 23

## Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ-13

№ геолог. выаб.	Глубина отбора проб, м	Влажность, дол.ед			Число пластичн.	Плотность, т/м <sup>3</sup>			Коэф. порист. прир.	Коэф. водонасыщ.	Показатели консистенц., дол.ед.	
		прир.	на границе			грунта	скелет.	частиц.			e	S <sub>r</sub>
			текуч.	раскат.	W				W <sub>L</sub>	W <sub>P</sub>		
1	24,8	0,087	0,155	0,105	0,050	2,34	2,15	2,68	0,245	0,95	-0,36	
11	15,0	0,111	0,185	0,126	0,059	2,27	2,04	2,69	0,317	0,94	-0,25	
11	16,5	0,109	0,191	0,132	0,059	2,28	2,06	2,69	0,308	0,95	-0,39	
11	18,2	0,075	0,178	0,123	0,055	2,36	2,20	2,68	0,221	0,91	-0,87	
12	14,0	0,089	0,159	0,109	0,050	2,33	2,14	2,68	0,253	0,94	-0,40	
12	17,4	0,090	0,164	0,112	0,052	2,33	2,14	2,68	0,254	0,95	-0,42	
12	20,4	0,088	0,169	0,115	0,054	2,34	2,15	2,68	0,246	0,96	-0,50	

Таблица 24

## Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ-14

№ геолог. выаб.	Глубина отбора проб, м	% содержания частиц по фракциям (мм)									
		> 10,0	10,0-2,0	2,0-1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,005
1	20,0	1,0	2,1	1,3	2,8	10,8	1,1	20,3	14,4	15,6	30,6
1	22,4	0,9	2,2	1,6	3,0	10,2	0,9	12,3	10,5	12,2	46,2
10	14,7	1,3	1,0	2,1	3,9	15,4	1,2	24,1	14,0	9,6	27,4
10	17,0	2,7	0,9	2,2	1,1	16,3	1,4	25,8	9,0	8,3	29,3
10	19,2	4,6	1,5	2,2	4,5	17,5	2,1	11,1	18,6	7,7	30,2
3	17,8	1,2	1,3	2,0	4,3	15,3	1,9	24,6	9,9	8,7	30,8
3	20,4	0,6	1,3	2,2	4,6	15,0	2,3	20,3	10,8	9,1	33,8
3	22,2	3,9	1,3	1,9	3,1	9,7	1,2	22,6	12,3	14,1	29,9
7	19,2	2,2	2,2	2,6	4,4	13,6	0,9	29,8	4,3	9,3	30,7
7	21,2	2,8	2,2	2,7	5,0	15,2	1,4	34,1	1,9	6,3	28,4

Таблица 25

## Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ-14

№ геолог. выаб.	Глубина отбора проб, м	Влажность, дол.ед			Число пластичн.	Плотность, т/м <sup>3</sup>			Коэф. порист. прир.	Коэф. водонасыщ.	Показатели консистенц., дол.ед.	
		прир.	на границе			грунта	скелет.	частиц.			e	S <sub>r</sub>
			текуч.	раскат.	W				W <sub>L</sub>	W <sub>P</sub>		
1	20,0	0,147	0,256	0,165	0,091	2,18	1,90	2,71	0,426	0,94	-0,20	
1	22,4	0,142	0,287	0,176	0,111	2,20	1,93	2,72	0,412	0,94	-0,31	
10	14,7	0,112	0,232	0,148	0,084	2,25	2,02	2,71	0,339	0,89	-0,43	
10	17,0	0,105	0,239	0,131	0,108	2,28	2,16	2,72	0,318	0,90	-0,24	
10	19,2	0,107	0,243	0,144	0,099	2,26	2,04	2,71	0,327	0,89	-0,37	
12	25,0	0,139	0,283	0,186	0,097	2,20	1,93	2,71	0,403	0,93	-0,48	
3	17,8	0,128	0,263	0,170	0,093	2,21	1,96	2,71	0,383	0,91	-0,45	

3	20,4	0,156	0,298	0,192	0,106	2,17	1,88	2,71	0,444	0,95	-0,34	
4	18,0	0,119	0,228	0,142	0,086	2,25	2,01	2,71	0,348	0,93	-0,27	
4	20,7	0,145	0,295	0,190	0,105	2,20	1,92	2,71	0,410	0,96	-0,43	
7	16,2	0,121	0,226	0,138	0,088	2,26	2,02	2,71	0,344	0,95	-0,19	
7	19,2	0,118	0,253	0,158	0,095	2,25	2,01	2,71	0,347	0,92	-0,42	

Таблица 26

Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ-15

№ геолог. выаб.	Глубина отбора проб, м	% содержания частиц по фракциям (мм)									
		> 10,0	10,0-2,0	2,0-1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,005
11	24,3		1,1	1,5	1,6	1,7	2,2	20,6	25,6	29,5	16,2
4	24,4		0,5	0,6	1,0	1,3	1,7	22,9	24,7	26,0	21,3

Таблица 27

Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ-15

№ геолог. выаб.	Глубина отбора проб, м	Влажность, дол.ед.			Число пластичн.	Плотность, т/м <sup>3</sup>			Коэф. порист. прир.	Коэф. водонасыщ.	Показатели консистенц., дол.ед.	
		прир.	на границе			грунта	скелет.	частиц.			e	S <sub>r</sub>
			текуч.	раскат.	ρ				ρ <sub>d</sub>	ρ <sub>s</sub>		
W	W <sub>L</sub>	W <sub>p</sub>	I <sub>p</sub>	ρ	ρ <sub>d</sub>	ρ <sub>s</sub>	e	S <sub>r</sub>	I <sub>L</sub>	C <sub>v</sub>		
11	24,3	0,169	0,311	0,200	0,111	2,16	1,85	2,72	0,472	0,97	-0,28	
11	25,0	0,177	0,305	0,201	0,104	2,14	1,82	2,72	0,496	0,97	-0,23	
4	24,4	0,170	0,320	0,206	0,114	2,13	1,82	2,71	0,489	0,94	-0,32	
4	25,0	0,152	0,316	0,200	0,116	2,18	1,89	2,72	0,437	0,95	-0,41	
6	25,0	0,163	0,299	0,204	0,095	2,15	1,85	2,71	0,466	0,95	-0,43	

Нормативные и расчетные значения характеристик грунтов приведены в таблице в приложении 3.

### 3.5 Гидрогеологические условия

Гидрогеологические условия площадки характеризуются наличием двух водоносных горизонтов подземных вод.

Гидрогеологические условия площадки изысканий до глубины 25,0 м характеризуются наличием двух горизонтов (безнапорных и напорных) подземных вод, приуроченных к комплексу четвертичных отложений.

Безнапорные подземные воды приурочены к песчаным прослоям в озерно-ледниковых отложениях и техногенным отложениям. В связи с высоким залеганием

ледниковых отложений и отсутствием на отдельных участках техногенных и озерно-ледниковых отложений, выдержанного горизонта не образуют.

При производстве буровых работ в июле-августе 2019 г. уровень грунтовых вод установился на глубинах 0.3 до 0.9 м, на абс. отметках от 2.7 до 3.6м (в зависимости от рельефа).

Замеренные уровни близки к среднегодовым. Максимальное положение уровня подземных вод наблюдается в периоды активного снеготаяния и выпадения дождей на абс. отметках 3,7-4,2 м с образованием зеркала открытой воды в понижениях рельефа.

Питание водоносного горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков. Разгрузка происходит в местную гидрографическую сеть - Верхний и Средний Буферные пруды.

Напорные подземные воды приурочены к пескам пылеватым (ИГЭ-10)

Горизонт вскрыт на глубинах 3,1-14,6 м (абс. отм. от минус 3,7 до 0,6 м), пьезометрический уровень установился на глубинах 0,1-3,0 м (абс. отм. 0,7 – 11,1 м), величина напора составляет 2,1-13,8 м.

Верхним относительным водоупором являются верхнечетвертичные ледниковые отложения (gIII), нижним водоупором являются среднечетвертичные ледниковые (g II) отложения.

В соответствии с таблицами В.3 и В.4 СП 28.13330.2017 по отношению к бетону нормальной проницаемости безнапорные грунтовые воды слабоагрессивны. В соответствии с ГОСТ 9.602-2005 воды характеризуются высокой коррозионной агрессивностью по отношению к свинцовой оболочке кабеля, высокой коррозионной агрессивностью по отношению к алюминиевой оболочке кабеля.

В соответствии с СП 28.13330.2017 по отношению к бетону нормальной проницаемости напорные грунтовые воды неагрессивны.

Результаты химического анализа проб воды и определения коррозионной агрессивности грунтовых вод по отношению к бетону нормальной проницаемости к свинцовым и алюминиевым оболочкам кабелей приведены в таблицах в приложении 4.

### 3.6 Геологические и инженерно-геологические процессы

1. Среди современных геологических процессов и явлений, отрицательно влияющих на строительство и эксплуатацию сооружений, на участке работ отмечено сезонное промерзание грунтов и обусловленное им морозное пучение.

Нормативная глубина промерзания грунтов в соответствии с СП 22.13330.2011 для насыпных грунтов – 1,20 м, для супесей, – 1,20 м, для суглинков – 0,98м (с учетом абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур за год, принятых по Санкт-Петербургу).

По относительной деформации пучения в соответствии с ГОСТ 25100-2011 насыпные грунты (ИГЭ-1) могут быть от сильнопучинистых до слабопучинистых в зависимости от состава, ИГЭ-3,4 – среднепучинистые, ИГЭ-6 - практически непучинистые, ИГЭ-10 – сильнопучинистые, ИГЭ-7,8 – слабопучинистые.

2. В пределах исследуемой площадки возможно протекание опасного геологического процесса - подтопления.

В соответствии с СП 11-105-97 часть II, территория относится к району I-A – подтопленные в естественных условиях, I-A-1 – постоянно подтопленные,  $N_{кр}/N_{ср} > 1$ .

Для нормальной эксплуатации сооружений необходимо обеспечить стабильность работы дренажной системы и предусмотреть гидроизоляцию подземных частей зданий.

3. Согласно картам общего сейсмического районирования ОСР-2015 район Санкт-Петербурга по карте А оценивается в 5 баллов. (СП 14.13330.2011)

#### 4 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

Согласно проекту для строительства 4-х этажного здания школы предусматривается использование свайного типа фундамента. Проектируемая нагрузка на сваю составляет 230 тс.

В рамках выпускной работы мной была рассчитана несущая способность свай-стойки с квадратным сечением размерами 45х45 см и 40х40 см. В качестве несущего слоя для свай с сечением 45х45 см был выбран ИГЭ-8, а для свай с сечением 40х40 см – ИГЭ-13 (рис 14, 15). Главным критерием при выборе несущего слоя было прохождение сваями ИГЭ-10, представленного пылеватыми песками, так как при возникновении динамических нагрузок возможен их переход в плавунное состояние.

Несущую способность  $F_d$ , тс, висячей забивной и вдавливаемой свай и свай-оболочки, погружаемой без выемки грунта, работающих на сжимающую нагрузку, определяется как расчетное сопротивление грунтов основания под нижним концом свай по формуле:

$$F_d = \gamma_c RA, \text{ где}$$

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

$A$  – площадь опирания на грунт свай, 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 свай-стойки, кПа ( $\text{тс}/\text{м}^2$ ), следует принимать: для всех видов забивных свай, опирающихся на скальные и малосжимаемые грунты,  $R = 20\ 000$  кПа ( $2000 \text{ тс}/\text{м}^2$ ) (СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты»).

Таким образом, для свай-стойки с квадратным размером сечения 40х40 см,  $\gamma_c = 1$ ,  $R = 2000 \text{ тс}/\text{м}^2$ ,  $A = 0,4 \cdot 0,4 = 0,16 \text{ м}^2$ . Тогда:

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

Для свай-стойки с квадратным размером сечения 45х45 см,  $\gamma_c = 1$ ,  $R = 2000 \text{ тс}/\text{м}^2$ ,  $A = 0,45 \cdot 0,45 = 0,2025 \text{ м}^2$ . Тогда:

$$F_d = 1 * 2000 * 0,2025 = 405 \text{ тс}$$

Рассчитанное сопротивление грунтов основания под нижним концом свай, а, следовательно, и ее несущая способность превышает проектируемую нагрузку сооружения на сваю.

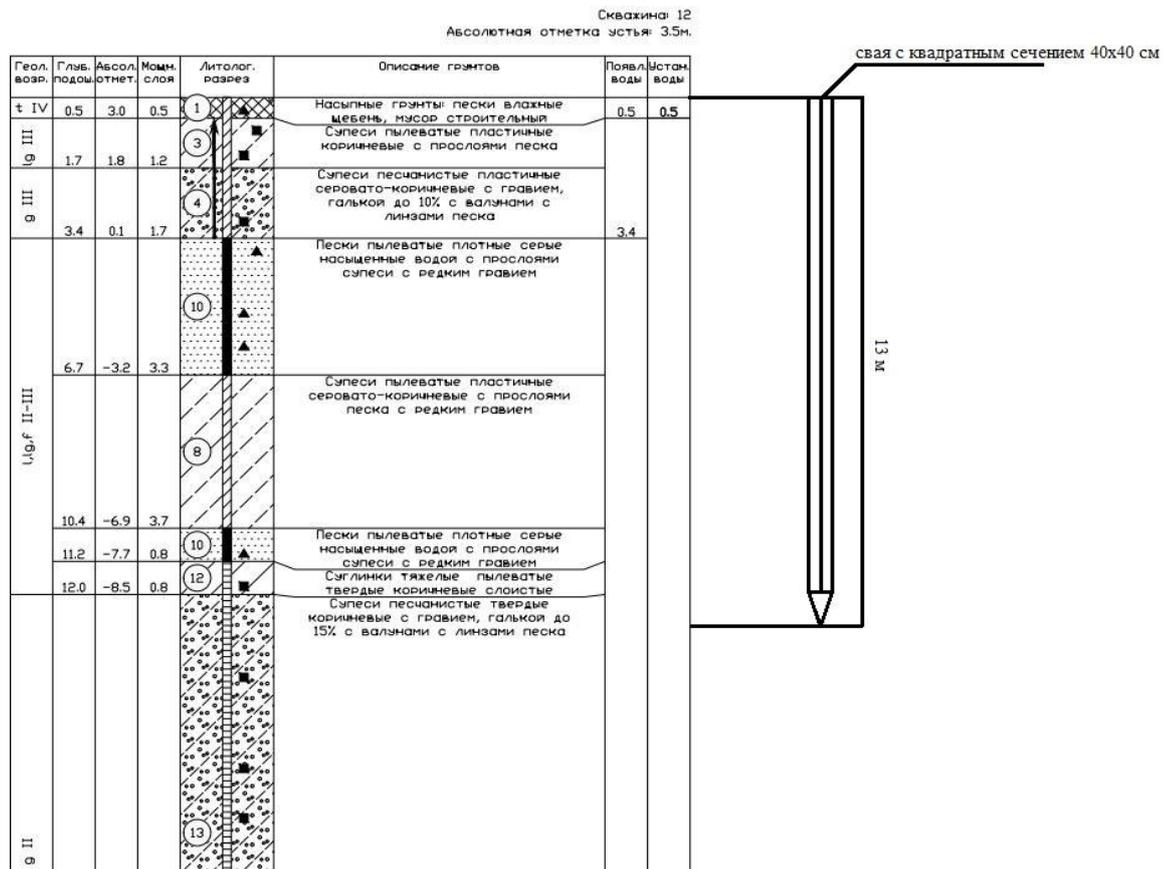


Рисунок 14. Схема погружения сваи стойки с квадратным сечением размером 40x40 см в грунт. Согласно разрезу, полученному по данным бурения скважины 12, несущим слоем будет ИГЭ-13

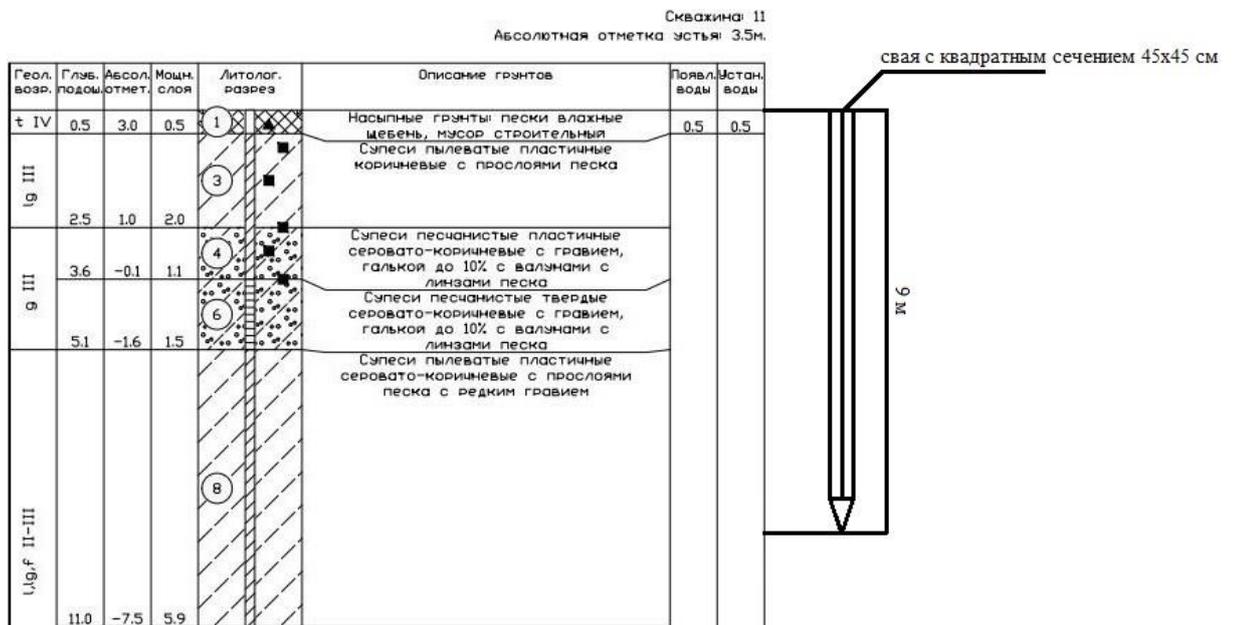


Рисунок 15. Схема погружения сваи стойки с квадратным сечением размером 40x40 см в грунт. Согласно разрезу, полученному по данным бурения скважины 11, несущим слоем будет ИГЭ-8

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В геологическом строении исследуемой территории принимают участие, современные техногенные, четвертичные озерные, ледниковые, озерно-ледниковые, флювиогляциальные отложения, а также вендские глины.

2. В пределах участка изысканий по разрезу было выделено 12 ИГЭ, характеризующихся комплексом физико-механических характеристик.

3. В гидрогеологическом отношении участок работ характеризуется наличием двух водоносных горизонтов подземных вод. Безнапорные подземные воды приурочены к песчаным прослоям в озерно-ледниковых отложениях и техногенным отложениям. Напорные подземные воды приурочены к пескам пылеватым (ИГЭ-10).

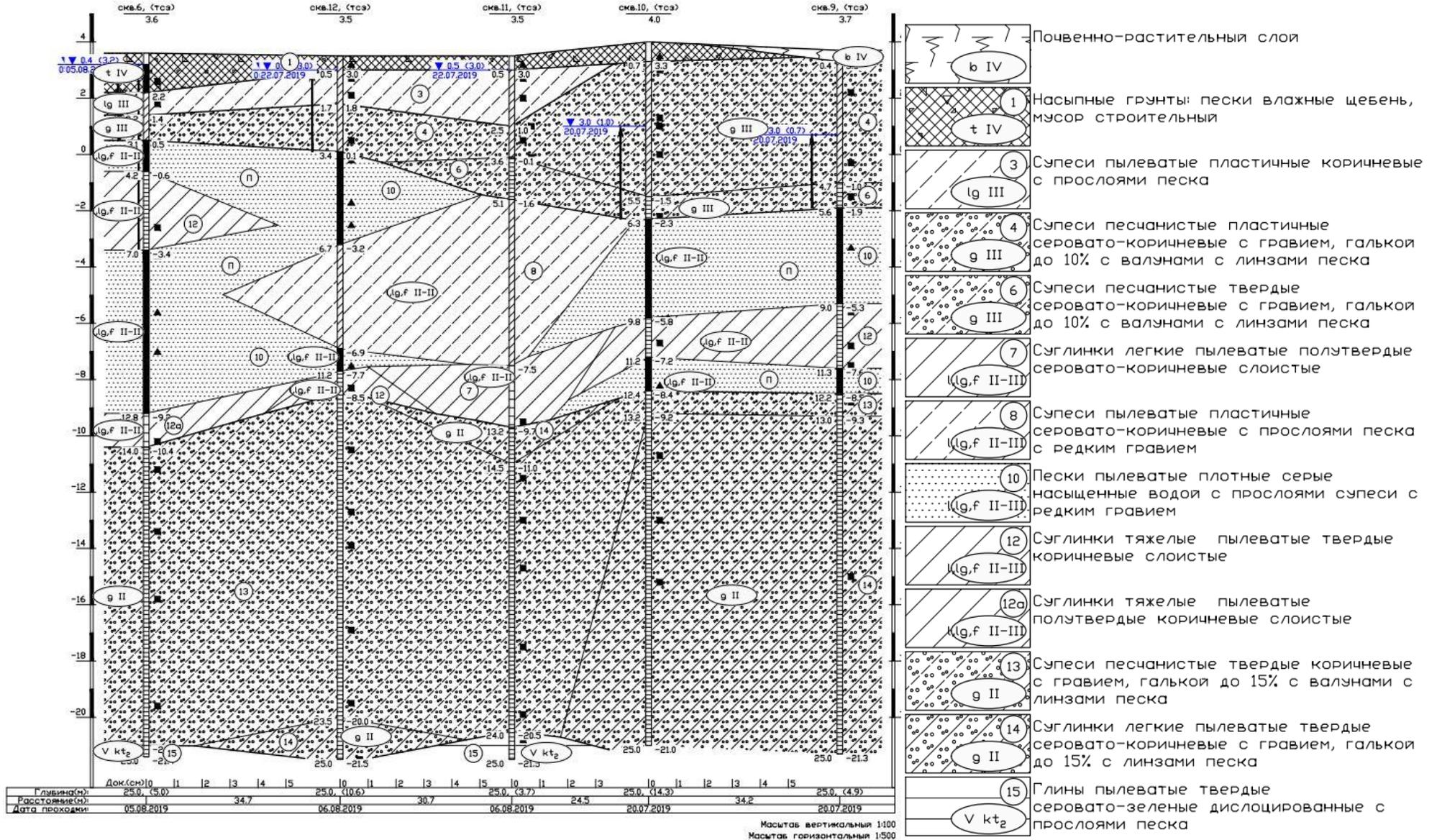
4. Результаты инженерно-геологических расчетов доказали целесообразность выбора свайного типа фундамента с использованием свай-стоек с квадратным сечением размерами 40х40 и 45х45 см.

5. В целом инженерно-геологические условия площадки проектируемого строительства по совокупности факторов относятся к III категории сложности инженерно-геологических условий (сложные).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геологический атлас Санкт-Петербурга. Комильфо. СПб, 2009 г. 57 стр.
2. Геоморфология и четвертичные отложения Северо-Запада Европейской части РСФСР. – Л.:Недра, 1969 г. 256 стр.
3. 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.
4. Отчет: «Строительство общеобразовательной школы на 110 мест расположенной по адресу: г. Санкт-Петербург, Улица Глухарская, участок 23, (северо-западной пересечения с Планерной улицей кадастровый участок №78:34:0428601:1334», ООО КБК, 2019
5. ГОСТ 12536-2014 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.
6. ГОСТ 20522-2012 Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний.
7. ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация.
8. ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.
9. ГОСТ 9.602-2016 Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии.
10. СП 47.13330-2012 (СНиП 11-02-96) Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.
11. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства.
12. СП 14.13330.2011 (Строительство в сейсмических районах).
13. СП 20.13330.2011 (Нагрузки и воздействия).
14. СП 28.13330.2017 (Защита строительных конструкций от коррозии).
15. СП 131.13330.2012 Строительная климатология.
16. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты.
17. Погода и климат [Электронный ресурс] // <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/26063.htm> (дата обращения 19.04.2020).
18. Публичная кадастровая карта [Электронный ресурс] // <https://pkk5.rosreestr.ru/#x=3362427.382049114&y=8407146.059844917&z=15&text=60%2C034863%2030%2C202916&type=1&app=search&opened=1> (дата обращения 21.04.2020).
19. Росстат. Оценка численности постоянного населения на 1 января 2020 года и в среднем за 2019 год. (дата обращения 19.04.2020).
20. Google Карты [Электронный ресурс] // <https://www.google.com/maps> (дата обращения 19.04.2020).

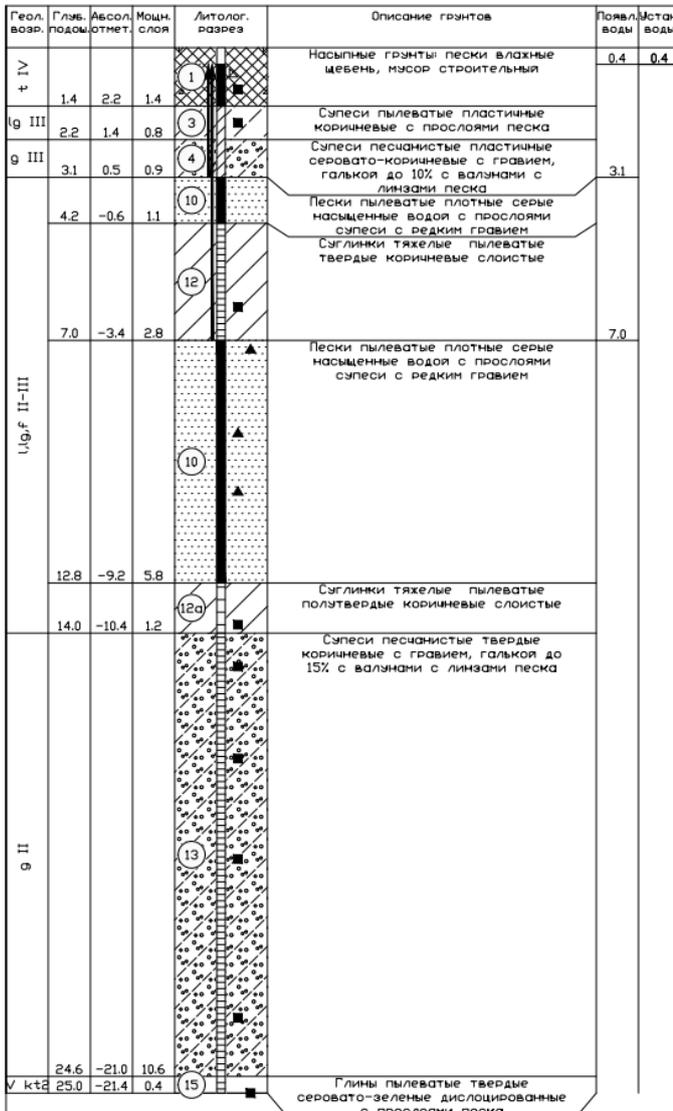
Инженерно-геологический разрез и условные обозначения



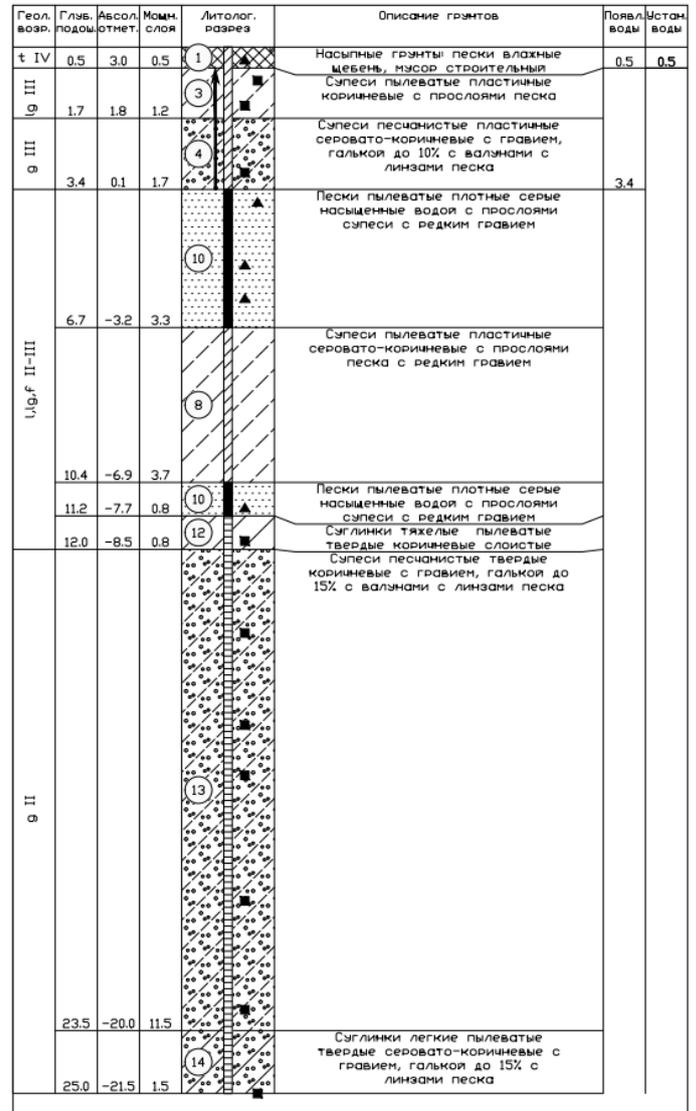
Инженерно-геологические колонки

Скважина: 6  
Абсолютная отметка устья: 3.6м.

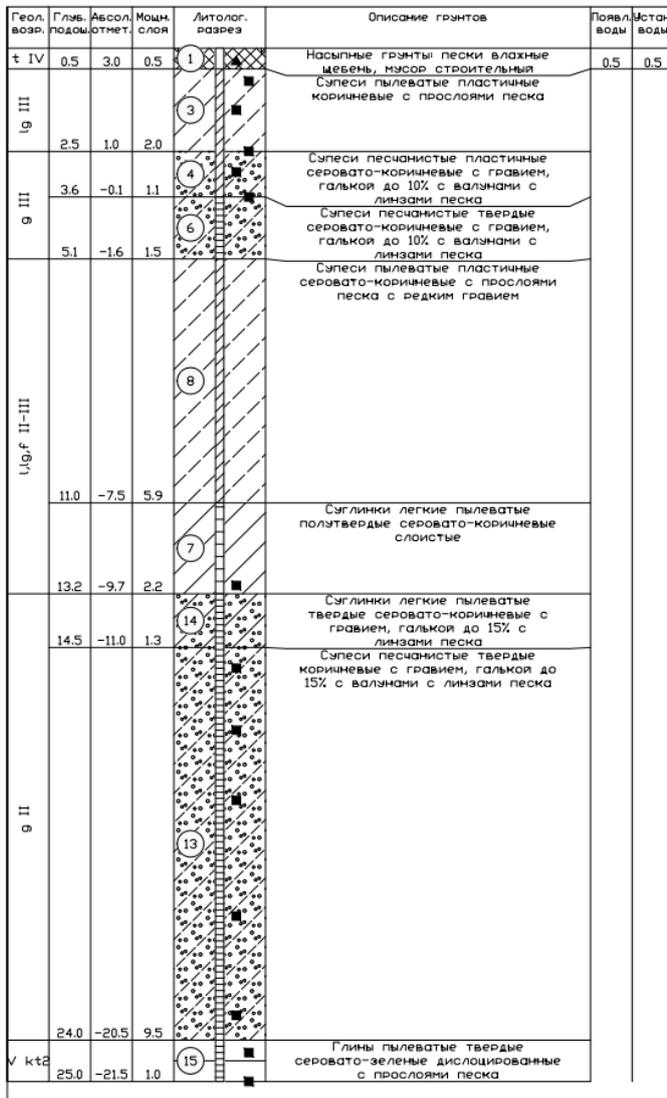
Скважина: 12  
Абсолютная отметка устья: 3.5м.



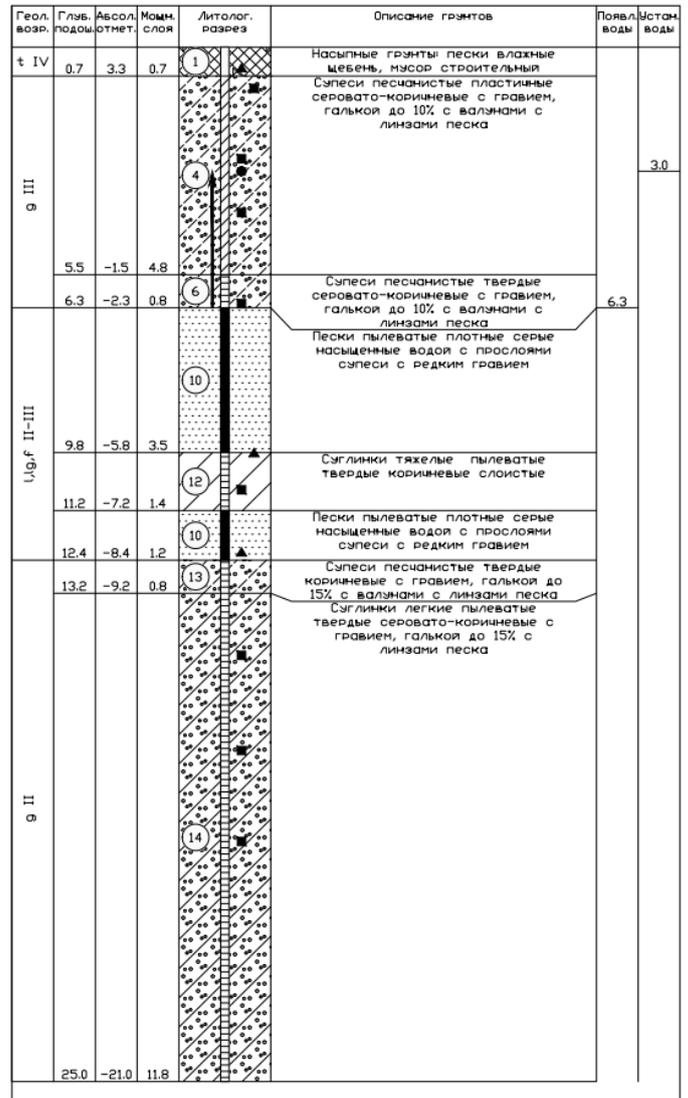
Масштаб 1:100  
Дата выработки: 05.08.2019



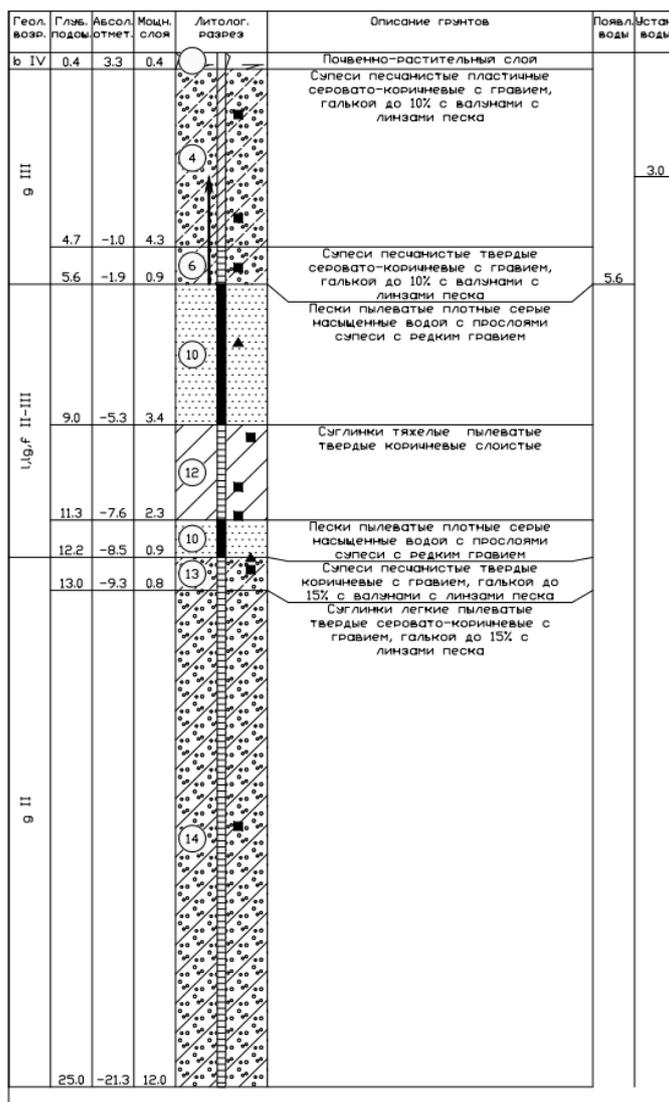
Масштаб 1:100  
Дата выработки: 06.08.2019



Масштаб 1:100  
 Дата выработки: 06.08.2019



Масштаб 1:100  
 Дата выработки: 20.07.2019



Нормативные и расчетные значения характеристик грунтов

Геологический индекс	Номенклатурное название грунтов	№ ИГЭ	Хар-ка	Число пластичности I <sub>p</sub>	Природная влажность W	Плотность грунта ρ, т/м <sup>3</sup>	Кэфф. пористости e	Показатели консистенции		Показатели прочности		Модуль деформации E, МПа
								I <sub>L</sub>	C <sub>v</sub>	φ, град	c, кПа	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
t IV	Насыпные грунты: пески влажные, щебень, мусор строительный	1	X <sub>H</sub>							R <sub>o</sub> = 100 кПа		
			X <sub>I</sub>									
			X <sub>II</sub>									
lg III	Супеси пылеватые пластичные коричневые с прослоями песка	3	X <sub>H</sub>	0,06	0,20	2,07	0,557	0,37		25	22	11
			X <sub>I</sub>			2,07±0,01				22	16	
			X <sub>II</sub>			2,07±0,01				23	18	
g III	Супеси песчанистые пластичные серовато-коричневые с гравием, галькой до 10%, с валунами, с линзами песка	4	X <sub>H</sub>	0,05	0,14	2,22	0,370	0,48		30	28	12
			X <sub>I</sub>			2,22±0,02				27	15	
			X <sub>II</sub>			2,22±0,01				28	20	

g III	Супеси песчанистые твердые серовато- коричневые с гравием, галькой до 10% с валунами с линзами песка	6	X <sub>H</sub>	0,05	0,08	2,34	0,240	-0,31		34	33	20
			X <sub>I</sub>			2,34±0,02				29	10	
			X <sub>II</sub>			2,34±0,01				31	19	
l,lg,f II-III	Суглинки легкие пылеватые полутвердые серовато- коричневые слоистые	7	X <sub>H</sub>	0,10	0,23	2,03	0,643	0,20		20	36	13
			X <sub>I</sub>			2,03±0,03				18	27	
			X <sub>II</sub>			2,03±0,02				19	30	
l,lg,f II-III	Супеси пылеватые пластичные серовато- коричневые с прослоями песка с редким гравием	8	X <sub>H</sub>	0,05	0,22	2,04	0,609	0,18		26	32	13
			X <sub>I</sub>			2,04±0,01				24	25	
			X <sub>II</sub>			2,04±0,01				25	28	

l,lg,f II-III	Пески пылеватые плотные серые, насыщенные водой с прослоями супеси с редким гравием	10	X <sub>H</sub>			2,06	0,550			34	6	28
			X <sub>I</sub>			2,05				31	4	
			X <sub>II</sub>			2,06				34	6	
l,lg,f II-III	Суглинки тяжелые пылеватые твердые коричневые слоистые	12	X <sub>H</sub>	0,14	0,22	2,05	0,621	-0,14		22	47	16
			X <sub>I</sub>			2,05±0,02				20	34	
			X <sub>II</sub>			2,05±0,01				21	39	
l,lg,f II-III	Суглинки тяжелые пылеватые полутвердые коричневые слоистые	12a	X <sub>H</sub>	0,15	0,26	1,99	0,736	0,16		20	38	12
			X <sub>I</sub>			1,99±0,03				18	29	
			X <sub>II</sub>			1,99±0,02				19	33	
g II	Супеси песчанистые твердые	13	X <sub>H</sub>	0,05	0,09	2,33	0,255	-0,35		36	28	23

	коричневые с гравием, галькой до 15% с валунами с линзами песка		X <sub>I</sub>			2,33±0,01				34	16	
			X <sub>II</sub>			2,33±0,00				35	21	
g II	Суглинки легкие пылеватые твердые серовато-коричневые с гравием, галькой до 15% с линзами песка	14	X <sub>H</sub>	0,09	0,13	2,23	0,365	-0,37		28	49	22
			X <sub>I</sub>			2,23±0,02				25	38	
			X <sub>II</sub>			2,23±0,01				26	42	
V kt <sub>2</sub>	Глины пылеватые твердые серовато-зеленые дислоцированные с прослоями песка	15	X <sub>H</sub>	0,11	0,17	2,15	0,472	-0,33		26	51	20
			X <sub>I</sub>			2,15±0,02				22	36	
			X <sub>II</sub>			2,15±0,01				24	42	

Результаты химического анализа проб воды

Элементы анализа	Выработка №1 Глуб. взятия 0.3 м			Выработка №3 Глуб. взятия 4.8 м			Выработка №4 Глуб. взятия 6.0 м		
	мг/дм <sup>3</sup>	мг-экв/дм <sup>3</sup>	% экв	мг/дм <sup>3</sup>	мг-экв/дм <sup>3</sup>	% экв	мг/дм <sup>3</sup>	мг-экв/дм <sup>3</sup>	% экв
Ca <sup>2+</sup>	55,1	2,75	44,56	34,5	1,72	36,18	30,5	1,52	31,19
Mg <sup>2+</sup>	20,1	1,65	26,79	10,7	0,88	18,49	11,9	0,98	20,05
K+Na	40,5	1,76	28,54	48,2	2,10	44,05	53,3	2,32	47,49
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,1	0,01	0,09	1,1	0,06	1,28	1,1	0,06	1,25
Сумма	115,8	6,17	100,00	94,5	4,76	100,00	96,8	4,88	100,00
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	117,1	2,44	39,51	48,5	1,01	2,22	52,8	1,10	22,52
Cl <sup>-</sup>	21,7	0,61	9,92	73,0	2,06	43,27	80,3	2,26	46,40
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	189,1	3,10	50,23	101,6	1,67	35,00	91,5	1,50	30,73
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	отс.			отс.			отс.		
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,3	0,02	0,34	1,5	0,02	0,51	1,0	0,02	0,34
Сумма	329,2	6,17	100,00	224,6	4,76	100,00	225,6	4,88	100,00
Сухой остаток	358,5			289,6			290,5		
Минеральный остаток	350,5			268,3			276,7		
Жесткость общая (град.)	12,3			7,3			7,0		
карбонатная	8,7			4,7			4,2		
некарбонатная	3,6			2,6			2,8		
Окисляемость мг O <sub>2</sub> /л	7,5			20,2			12,3		
CO <sub>2</sub> свободная	49,9			отс.			отс.		
CO <sub>2</sub> агрессивная	26,2			отс.			отс.		
pH	8,20			8,20			8,30		
Гумус	4,8			13,1			7,9		

Результаты определения коррозионной агрессивности грунтовых вод по отношению к бетону нормальной проницаемости к свинцовым и алюминиевым оболочкам кабелей

№ геол. выр.	Глуб. отбора проб, м	K <sub>f</sub> , м/сут	Показатель (сверху) и степень (снизу)									
			агрессивности грунтовых вод по отношению к бетону				коррозионной агрессивности по отношению к оболочке					
							свинцовой			алюминиевой		
НСО <sub>3</sub> , мг.э./дм <sup>3</sup>	рН	агр. СО <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	SO <sub>4</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	рН	общая жестк., мг.э./дм <sup>3</sup>	гумус, мг/дм <sup>3</sup>	NO <sub>3</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	рН	Cl, мг/дм <sup>3</sup>			
1. Грунтовые со свободной поверхностью												
1	0,3	> 0,1	3,1	8,20	26,2	117,1	4,4	4,8	1,3	8,20	21,7	
			неагрес.	неагрес.	слабая	неагрес.	средняя	низкая	низкая	средняя	средняя	
5	0,4	> 0,1	3,0	8,00	30,3	107,0	4,2	4,1	1,5	8,00	17,7	
			неагрес.	неагрес.	слабая	неагрес.	средняя	низкая	низкая	средняя	средняя	
7	0,5	> 0,1	3,1	8,10	36,3	50,2	3,0	40,3	1,7	8,10	67,4	
			неагрес.	неагрес.	слабая	неагрес.	средняя	высокая	низкая	средняя		
2. Напорные воды												
3	4,8	> 0,1	1,7	8,20	отс.	48,5						
			неагрес.	неагрес.		неагрес.						
4	6	> 0,1	1,5	8,30	отс.	52,8						
			неагрес.	неагрес.		неагрес.						
10	3	> 0,1	1,7	8,40	отс.	46,9						
			неагрес.	неагрес.		неагрес.						