

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Сурякова Ольга Александровна

Выпускная квалификационная работа

«Анализ инженерно-геологических условий при реконструкции и техническом перевооружении ОАО «Завод Буревестник» в Ленинградской области»

Уровень образования: бакалавриат

Направление *05.03.01 «Геология»*

Основная образовательная программа *СВ.5018.2017 «Геология»*

Научный руководитель:

доцент, с возложенным исполнением

обязанностей зав. кафедрой

грунтоведения и инженерной геологии

и кафедрой гидрогеологии, канд. г-м. наук

Станислав Борисович Бурлуцкий

Санкт-Петербург

2021

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	3
1 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ	4
1.1 Географическое положение	4
1.2 Рельеф	5
1.3 Гидрография	6
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	19
2.1.3 Новейшая тектоника	20
2.2 Гидрогеологические условия.....	22
3 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ УЧАСТКА РАБОТ	27
1.1 Местоположение и климат.....	27
1.2 Геоморфология и рельеф.....	28
1.3 Геологическое строение участка работ	29
1.4 Физико-механические свойства грунтов	31
3.5 Гидрогеологические условия.....	50
3.6 Геологические и инженерно-геологические процессы.....	51
4 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ.....	52
4.1 Расчет несущей способности сваи-стойки	52
4.2 Расчет осадки ленточного фундамента методом послойного суммирования	54
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	57
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	58

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших этапов строительства любых сооружений является проведение инженерно-геологических изысканий, т. е. изучение геологических условий на строительной площадке с целью рационального использования геологической среды и ее охраны в связи с развитием различных геологических процессов и явлений.

Целью настоящей работы является изучение геологических, инженерно-геологических и гидрогеологических условий территории, а также состава и физико-механических свойств грунтов. Полевые и камеральные работы проводились в составе комплексной инженерно-геологической партии ОАО «Треста ГРИИ». Инженерно-геологические изыскания были выполнены в июне-июле 2020 г под реконструкцию и техническое перевооружение завода «Буревестник», расположенного в г. Гатчина Ленинградской области на ул. Станционная.

В процессе проведения полевых работ было пробурено 27 скважин глубиной 12,0-21,0 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 до глубин 5,0-12,0 м, всего 228,0 м.

Этап лабораторных исследований включал определение физико-механических свойств отобранных грунтов, определение химического состава грунтовых вод, а также их коррозионной агрессивности по отношению к бетонным конструкциям сооружения. Основной задачей камеральной обработки результатов изысканий и лабораторных исследований являлось выделение инженерно-геологических элементов (ИГЭ) в разрезе участка работ. Кроме того, были проведены расчеты несущей способности свай-стойки и осадки ленточного фундамента.

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

Данная работа написана на основе фондовых и литературных материалов и собственных исследованиях автора.

Автор выражает благодарность старшему преподавателю кафедры грунтоведения и инженерной геологии Марине Артуровне Лаздовской за помощь в написании данной работы.

1 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

1.1 Географическое положение

Объект исследований расположен в Гатчинском районе Ленинградской области на ул. Станционная, на производственной территории завода «Буревестник». Город Гатчина находится на северо-западе европейской части Российской Федерации, в 42 км от центра города федерального значения Санкт-Петербурга, и является официальной столицей Ленинградской области (Рис. 1). Город занимает территорию к востоку от Ижорской возвышенности. Общая площадь территории Гатчины составляет 28,75 км². Численность населения на 01.01.2021 год составляет 232 802 человека. (Официальный сайт Гатчинского муниципального района Ленинградской области <http://radm.gtn.ru>).



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

1.2 Рельеф

Ленинградская область расположена на северо-западной окраине Восточно-Европейской равнины. В районе поселка Лосево проходит сочленение Русской платформы с Балтийским щитом.

Практически вся область расположена в пределах территории Восточно-Европейской равнины, рельеф имеет незначительные высоты, в среднем 50-150 метров над уровнем моря. Территория Карельского перешейка на северо-западе характеризуется пересеченным рельефом с многочисленными скальными выходами и большим количеством озер. Карельский перешеек входит в состав Балтийского кристаллического щита. Высочайшей точкой Карельского перешейка является гора Кивисюръя высотой 203 метров над уровнем моря.

В пределах территории Ленинградской области расположены такие крупнейшие возвышенности, как Лемболовская, Ижорская, Лодейнопольская, Вепсовская, а также Тихвинская гряда. Гора Гапсельга высотой 291 метр над уровнем моря является наивысшей точкой области и приурочена к Вепсовской возвышенности. На территории области расположен Балтийско-Ладожский глинт – это высокий обрыв до 40-60 метров высотой, который протягивается более чем на 200 километров с запада на восток Ленинградской области. Этот геологический объект является берегом древнего моря. В западной части района высота его достигает 40-50 метров, к востоку снижается до 15-20 метров. Глинт пересекают овраги и речные долины с крутыми и обрывистыми склонами.

К югу от глинта находится Ижорская возвышенность – слабоволнистая возвышенная платообразная равнина с преобладающими абсолютными высотами в 95-135 метров. На поверхности встречаются отдельные гряды и холмы высотой 4-15 метров (Филиппов, Н.Б., 2009).

1.3 Гидрография

Главными элементами гидрографии Ленинградской области являются Финский залив, Невская губа и река Нева, приуроченные к бассейну Балтийского моря. Общая протяженность всех рек на территории Ленинградской области составляет около 50 тыс. км.

Финский залив омывает берега России, Финляндии и Эстонии. Его береговая линия, находящаяся на территории Санкт-Петербурга, составляет не более 1 м. В пределах Санкт-Петербурга максимальная глубина Финского залива составляет 2,5 – 6 м. Невская губа является восточной частью залива и ограничена с запада по линии Лисий Нос – Кронштадт – Ломоносов, а с востока – песчаным баром реки Нева.

Главная водная артерия, река Нева, протекает по равнинной Приневской низменности и соединяет Ладожское озеро с Финским заливом. Длина реки Нева составляет 74 км, площадь водосбора 281 000 км². Годовой объем стока – около 78,9 км³ (Нежиховский, 1981). К рекам, питающим Неву в пределах г. Санкт-Петербурга, относятся Ижора, Охта и Черная.

Другими крупными реками Ленинградской области являются Свирь (длина – 224 км, площадь водосбора 84 000 км², средний расход воды - 785 м³/с), Волхов (224 км и 80 200 км², 593 м³/с, соответственно), Вуокса (156 км и 68 500 км², 684 м³/с, соответственно) и Сясь (260 км и 7 300 км², 53 м³/с, соответственно), относящиеся к бассейну Ладожского озера, а также река Нарва (77 км и 56 200 км², 399 м³/с, соответственно) и Луга (353 км и 13 200 км², 93 м³/с, соответственно), относящиеся к бассейну Финского залива.

В окрестностях Ленинградской области расположено свыше 1800 озер, среди них особняком стоят Ладожское и Онежское озера.

Ладожское озеро является крупнейшим пресноводным озером Европы, приурочено к бассейну Балтийского моря Атлантического океана. Площадь озера без островов составляет от 17 900 км², с островами – 18 300 км². Объем водной массы – 838 км³. Длина с юга на север – 219 км, наибольшая ширина – 125 км. Высота над уровнем моря составляет 4,84 м. Глубина изменяется неравномерно: в северной части она варьирует от 70 до 230 м, в южной – от 20 до 70 м.

Онежское озеро – второе по величине после Ладожского. Площадь без островов составляет 9 690 км², с островами – 9 720 км². Объём водной массы – 285 км³. Длина с юга на север составляет 245 км, наибольшая ширина – 91,6 км. Средняя глубина – 30 м, максимальная – 127 м.

Густая гидрография территории в совокупности с плоский характером рельефа и преобладанием глинистых пород вблизи дневной поверхности обуславливают широкое затопление и подтопление в периоды половодья (Снитко, 1963).

1.4 Климат

Климат Ленинградской области характеризуется влиянием морских атлантических и континентальных воздушных масс умеренных широт западных, южных и юго-западных направлений, вхождением арктического воздуха и интенсивной циклонической деятельностью. Морские воздушные массы обуславливают умеренно теплое влажное лето и достаточно продолжительную умеренно холодную зиму, из-за чего климат ближе к морскому. С севера и северо-востока, преимущественно со стороны Карского моря, вторгаются арктические воздушные массы. В результате наиболее холодными являются восточные районы, а наиболее теплыми – юго-западные. (ФГБУ «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» <http://www.meteo.nw.ru>)

Средняя годовая температура воздуха составляет +4,3 °С, самый холодный месяц – февраль со средней температурой от -8,0°С до -8,5°С, самый теплый – июль со средней температурой от 17,4°С до 18,0°С. Продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха ниже 0°С составляет 143 суток (Таб. 1).

Таблица 1

Максимальные и минимальные среднемесячные температуры воздуха в Ленинградской области

Месяц	Янв.	Фев.	Мар.	Апр.	Май	Июн.	Июл.	Авг.	Сен.	Окт.	Ноя.	Дек.
Самая теплая, °С	-0,3	+1,7	+3,6	+8,4	+16,2	+20,5	+24,4	+19,8	+14,9	+9,3	+4,2	+3,0
Самая холодная, °С	-21,4	-19,5	-11,6	-2,6	+4,2	+11,1	+14,1	+12,6	+7,1	-0,5	-10,0	-18,4

Продолжительность дня в течение года меняется от 5 часов 50 минут в зимнее солнцестояние до 18 часов 55 минут в летнее, вследствие чего из-за такой большой изменчивости приход солнечной энергии очень неравномерен. Он минимален в зимнее время и максимален в летнее, несмотря на облачность (Санкт-Петербург: Энциклопедия..., 2006).

Погода характеризуется большой изменчивостью во все сезоны года, связанной с активной деятельностью циклонов и частой сменой воздушных масс: морских атлантических, арктических

и континентальных. Среднегодовая скорость ветра составляет примерно 3 м/с, а в период циклонов она может превышать 10 м/с и достигать «жестоких штормов» (11 из 12 баллов по шкале Бофорта) – до 30 – 40 м/с.

Количество осадков за год варьирует от 600 до 700 мм, среднегодовое составляет 673 мм. Количество выпадающих осадков превышает испарение влаги на 200-250 мм, из-за чего влажность воздуха сравнительно высока и в среднем составляет 75%. В летний период она уменьшается до 60-70%, в зимний, наоборот, увеличивается до 83-88%. Основная часть атмосферных осадков выпадает в апреле-сентябре. Чаще всего снег выпадает в начале ноября и сохраняется до середины апреля. Средняя продолжительность его залегания составляет 110-145 дней, к концу февраля снеговой покров достигает своей максимальной мощности в 30-32 см. В начале апреля начинается снеготаяние, которое в среднем длится 10-15 дней.

В соответствии со СНиП 2.02.01-83 нормативная глубина промерзания для насыпных грунтов составляет 1,69 м, для супесей и песков мелких и пылеватых – 1,39 м, для песков гравелистых, крупных и средней крупности – 1,49 м, для крупнообломочных грунтов – 1,69 м, для суглинков и глин – 1,15 м (с учетом абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур за год, принятых по Санкт-Петербургу и Ленинградской области) (Даринский А. В., 1982).

2 ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

2.1 Геологические условия

2.1.1 Стратиграфия

Ленинградская область расположена на северо-западной окраине Русской платформы. Кристаллический фундамент докембрийского возраста выходит на дневную поверхность в районе Карельского перешейка, который в свою очередь составляет часть Балтийского щита. Фундамент сложен кристаллическими породами архейского и протерозойского возраста: гранитами, гранитами-рапакиви, гранито-гнейсами, гнейсами и др.

Породы осадочного чехла Русской платформы в пределах Ленинградской области представлены венд-фанерозойскими (Рис. 2) и четвертичными (Рис. 3) отложениями, несогласно залегающими на денудированной кровле кристаллического фундамента. Залегание всех пород чехла субгоризонтальное.

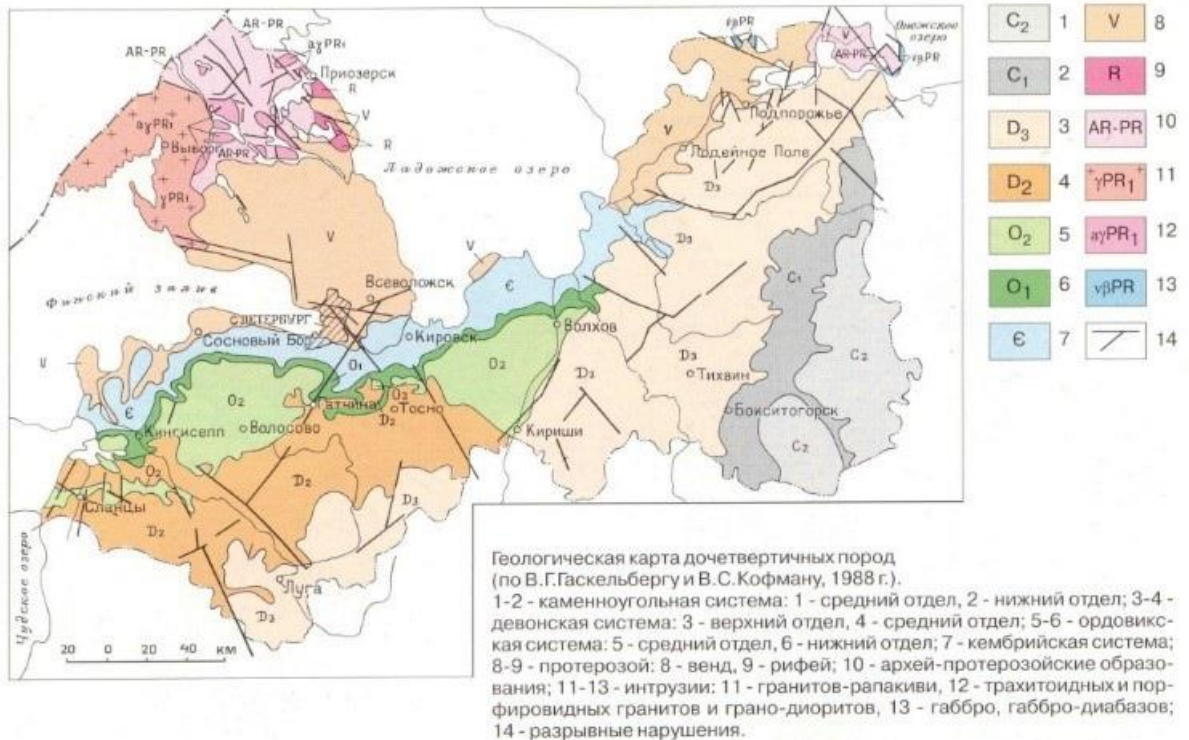


Рисунок 2. Карта коренных пород (Официальный сайт Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена <http://geoecology.nethouse.ru>)

Протерозойская акротема

Верхняя эонотема

Вендская система

Нижняя котлинская подсвета (V_2kt_1) представлена песчано-алевритовыми отложениями с прослоями уплотненных глин и базальным слоем гравелитовых песчаников и конгломератов. Внутри толщи выделяют 3 пачки: нижняя сложена гравелито-песчанистыми или песчаными породами, средняя – алеврито-глинистыми, а верхняя – песчано-алевритовыми. Притом на западе распространены преимущественно песчаники, а на востоке – глины. Кровля пород подсветы обычно расположена на глубинах от 138 до 145 м. Мощность 30-77 м.

Верхняя котлинская подсвета (V_2kt_2) сложена тонкослоистыми серыми и зеленовато-серыми алевритовыми глинами с пленками тонкозернистого пирита и органического вещества на поверхностях напластования – ляминоритовыми пленками. Могут встречаться линзы, прослои и отдельные желваки сидерита. Глины представлены гидрослюдями, частично гидрослюдями с монтмориллонитом. Мощность 80-170 м.

Фанерозойская эонотема

Палеозойская эратема

Кембрийская система

Ломоносовская свита (E_{lm}) залегает на отложениях котлинского горизонта и представлена неравномерным переслаиванием песчаников, алевролитов и глин. В нижней части свиты залегают разномасштабные песчаники, преимущественно кварцевые, светло-серого цвета. На поверхностях напластования алевролитов и песчаников наблюдается ляминоритовая пленка. Мощность прослоев алевролитов до 0,5 м. Глинистые прослои и линзы мощностью до 1 м. Глины песчанистые и алевритистые с тонкослоистой текстурой, гидрослюдистые, зеленовато-серого цвета. На северо-западе Ленинградской области наблюдается минимальная мощность в 2-3 м, в южных и восточных районах увеличивается. Общая мощность Ломоносовской свиты 20-30 м.

Сиверская свита (E_{sv}) представлена толщиной глин голубого и зеленоватого цвета, содержащих прослои песчаников и алевролитов, а также включения пирита темно-бурого цвета. В пределах Ленинградской области мощность колеблется от 100 до 120-130 м, постепенно уменьшаясь с севера на юг и с запада на восток. Общая мощность 100-130 м.

Саблинская свита (E_2sb_{1-3}) сложена кварцевыми песками и песчаниками светло-розового, светло-желтого цвета, преимущественно средне-мелкозернистыми. Встречаются местами прослойки глин и линзы кварцитовидных песчаников. В верхней части разреза появляются фосфатные раковины брахиопод и их обломки.

Ладожская свита (E_3ld) представлена кварцевыми песками и песчаниками, мелко-среднезернистыми, голубовато-серого цвета. Включают обломки органико-фосфатных брахиопод.

Ордовикская система

Ордовикские отложения представлены песками и песчаниками, известняками, доломитами, глинистыми и горючими сланцами. Обнажаются южнее Санкт-Петербурга в пределах Ордовикского плато, которое представляет собой плоскую возвышенную равнину. К югу от Санкт-Петербурга плато резко обрывается высоким (до 40 м) уступом Балтийско-Ладожского глинта.

Тосненская свита (O_1ts) представляет собой оболочные пески и песчаники палевого и розового цвета, кварцевые, от мелко- до грубозернистых. Содержат обильную примесь обломков органико-фосфатных брахиопод.

Общая мощность песков и песчаников Саблинской, Ладожской и Тосненской свиты до 7 м.

Породы копорской свиты (O_1kp) называют диктионемовыми сланцами, залегают на оболочных песчаниках. Представляют собой глинистые отложения практически черного цвета. Встречаются конкреции пирита и шарообразные конкреции антраконита с радиально-лучистым строением, а также органические остатки граптолитов. Мощность до 5 м.

Леэтсеская свита (O_1lt) сложена глауконитовой песчано-глинистой толщей зеленого цвета. Встречаются органические остатки трилобитов и брахиопод. Мощность до 1,5 м.

Волховская свита (O_{1-2vl}) представлена глауконитовыми известняками, которые подразделяются по крепости и окраске на три слоя: дикари (самые крепкие, пестрая окраска), желтяки (желтые) и фризы (светло-серые). Встречаются остатки трилобитов и брахиопод. Мощность до 6 м.

Силлаоруская свита (O_2sl) или нижний чечевичный слой представляет собой переслаивание известняков, мергелей и глин грязно-ржаво-серого цвета, связанный с содержанием большого количества чечевицеобразных оолитов из гидроокислов железа.

Обуховская свита (O_2ob) состоит из доломитизированных известняков серого цвета с прослоями глин. Часто встречаются раковины прямых наутилоидей, поэтому эти породы также называют ортоцератитовыми известняками.

Общая мощность силлаоруской и обуховской свиты до 8 м.

Выше залегают эхиносферитовые известняки Таллинского горизонта (O_2tl), серого цвета с фиолетовыми пятнами. В основании этих известняков залегает тонкий – верхнечечевичный слой – плотный известняк с мелкими оолитами. В этих известняках встречаются вымершие иглокожие – эхиносферитусы. Мощность горизонта до 0,4 м.

Кукерский горизонт (O_2kk) представлен слабо доломитизированными известняками с буровато-желтыми пятнами. Для них характерны прослои кукерситов – горючих сланцев. Из органических остатков наиболее характерны брахиоподы. Мощность составляет 14-18 м на западе Ордовикского плато, 22-25 м на востоке. В более южных районах Ленинградской области мощности возрастают до 33,5-39,7 м.

Девонская система

Девонские отложения широко распространены в южной и восточной частях Ленинградской области. Это среднедевонские отложения (D_2), состоящие из песков и песчаников разнообразной окраски и различной слоистости, которые образуют так называемое Главное девонское поле. В породах встречаются остатки древней палеозойской ихтиофауны. Прослои мергелей и доломитов редки. Мощность непостоянная, достигает на юге более 100 м.

На палеозойских отложениях залегают четвертичные отложения, связанные с материковым оледенением. Преимущественно это моренные супеси и суглинки, ленточные глины. Начали формироваться около 1,5 миллионов лет назад (Геология СССР, 1971).

Кайнозойская эратема

Четвертичная система

В строении четвертичного разреза северной и центральной части Ленинградской области принимают участие отложения среднего и верхнего звена неоплейстоцена, а также современные образования голоцена. Представлены ледниковыми, озерно-ледниковыми, морскими, флювиогляциальными, болотными, аллювиальными и техногенными образованиями.

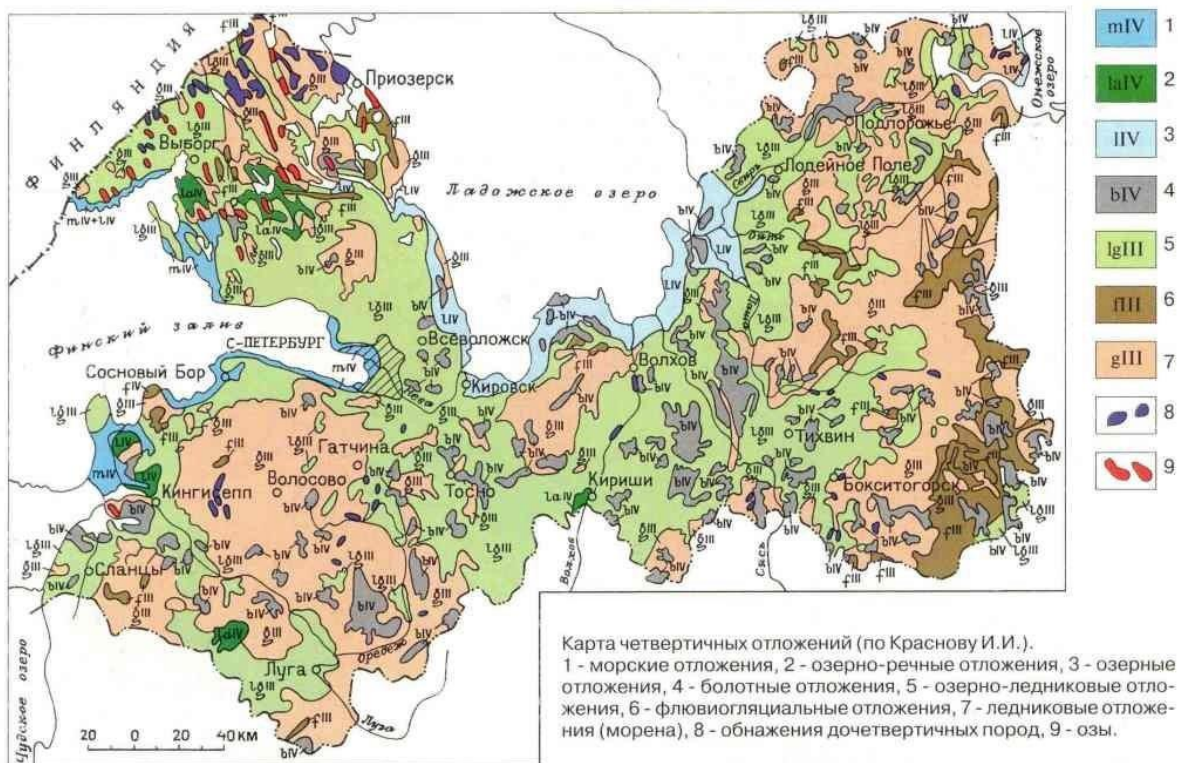


Рисунок 3. Карта четвертичных пород (Официальный сайт Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена <http://geoecology.nethouse.ru>)

Неоплейстоценовый раздел

Среднее звено представлено отложениями среднерусского надгоризонта в составе московского горизонта (Пms). Закономерности залегания отложений взаимосвязаны с подстилающими коренными породами.

К московскому горизонту отнесены ледниковые, флювиогляциальные и озерно-ледниковые отложения, залегающие на дочетвертичных породах и на водно-ледниковых осадках днепровского горизонта.

Ледниковые отложения (gIIms) широко развиты, на всей части территории перекрыты московскими водно-ледниковыми отложениями, морскими осадками микулинского горизонта, озерными, озерно-ледниковыми, флювиогляциальными осадками подпорожского и осташковского горизонтов. Широкое распространение имеет московская морена в Приневской низине и в древней долине реки Невы, а также в изолированных впадинах дочетвертичного рельефа. Морена является наиболее выдержанным горизонтом и отсутствует только в местах подъема коренных пород.

Морена сложена суглинками, реже супесями, коричневато-серыми, серовато- и буровато-коричневыми, иногда с красноватым оттенком, плотными, с включениями гальки, гравия и валунов, представленных обломками гранито-гнейсов, кварцитов, порфиритов, реже метаморфических сланцев и частично осадочных пород. Обломочный материал морены представлен фракциями от грубообломочных до тонкодисперсных. В пределах долины реки Невы и прилегающих к ней участков морена менее плотная, серого, темно-серого и зеленовато-серого цвета. Она содержит больше глинистой фракции за счет захваченных ледником подстилающих глинистых осадков. Мощность морены достигает местами 35-40 м, но обычно не больше 13-15 м.

Флювиогляциальные отложения (fIIms) распространены локально. Сохранились только в отдельных понижениях на поверхности московской морены. Сложены неоднородными крупными и мелкими желтовато-серыми кварц-полевошпатовыми песками с гравием и галькой. Мощность варьирует от 6 до 23 м.

Озерно-ледниковые отложения (lgIIms) представлены на всей территории, выполняют обширные понижения в рельефе кровли московской морены. Сложены мелкозернистыми глинистыми песками, слабо сортированными, серого и желтовато-серого цвета, серыми и коричневато-серыми суглинками и глинами со слабой слоистостью, а также ленточными глинами. Перекрыты сверху морскими отложениями микулинского горизонта. В разрезе встречается небольшое количество пыльцы сосны, березы, трав, а также спор мхов и папоротников. Мощность от 10 до 20 м.

Верхнее звено представлено отложениями Валдайского надгоризонта в составе Верхневалдайского горизонта (IIIvd3).

Породы верхневалдайского горизонта представляют собой ледниковые, озерно-ледниковые отложения лужской стадии и позднеледниковые осадки.

Ледниковые отложения Лужской стадии оледенения (gIII lz) образуют первый от поверхности моренный горизонт, распространенный повсеместно. Лужскую морену перекрывают озерно-ледниковые и флювиогляциальные отложения верхневалдайского горизонта, а в зоне их размыва (в центральной и южной частях Приневской низменности) – отложения позднеледниковых бассейнов и в меньшей степени послеледниковые осадки.

Литологический состав морены неоднородный, представлен суглинками, супесями, гравийно-галечниковыми отложениями с включением валунов. Количество крупнообломочного материала в морене в среднем составляет 8-12%, валуны представлены кристаллическими архейскими и протерозойскими, а также осадочными палеозойскими породами. В морене часто встречаются линзы кварц-полевошпатового песка различной зернистости с включениями гравия, гальки и валунов. Мощность этих линз от 0,5 до 2-3 м. Вскрытая мощность отложений от 3,2 до 5,6 м, подошва расположена на глубинах от 13,2 до 13,8 м, ее абсолютные отметки от 8,6 до 9,2 м.

Озерно-ледниковые отложения Лужской стадии (lgIII lz) представлены супесями, суглинками, глинами и песками.

Образование озерно-ледниковых отложений Балтийского ледникового озера (lgIIIbl) происходило в обширном бассейне, образованном в период деградации ледника во впадине Балтийского моря и Ладожского озера. Залегают на лужской морене, редко на озерно-ледниковых осадках верхневалдайского горизонта. Отложения представлены супесчано-глинистыми и песчаными разностями. Ленточные глины наиболее распространены, представлены чередованием прослоев мощностью от 1-2 мм до 1,5 см глины, пыли и песка.

В основании ленточных глин залегают суглинки, сформировавшиеся в самый ранний этап существования Балтийского озера. Вверх по разрезу ленточные глины переходят в суглинки и супеси со слабо выраженной слоистостью. В суглинках могут встречаться пески в виде линз и прослоев. Пески от пылеватых до крупных и даже гравелистых, рыхлые и сыпучие, плохо сортированные с гравием и галькой в основании, кварцевые.

В основании ленточных глин, лежащих на морене, найдены остатки пресноводной ихтиофауны, ракообразных, остатки растений. Общая мощность от 6,8 до 9,7 м, в некоторых местах до 25 м. Подошва залегает на глубинах от 7,9 до 10,5 м, ее абсолютные отметки от 11,9 до 14,5 м.

Голоценовый раздел

Современное звено представлено современными послеледниковыми морскими и континентальными образованиями.

Озерные отложения Анцилового озера (I IVan) образовались в период трансгрессии пресноводного Анцилового озера. Отложения представляют собой супесчано-глинистые и песчаные образования с растительными остатками. Внутри слоев встречаются крупнозернистые пески с включениями гравия и гальки, с обломками древесины. Мощность толщи от 1 до 5 м.

Морские отложения Литоринового моря (m IVlt) сложены тонкодисперсными суглинками, сменяющимися супесями, затем пылеватыми, мелкими и крупными песками.

Литориновые отложения залегают на озерно-ледниковых образованиях Балтийского ледникового озера, либо на лужской морене или непосредственно на дочетвертичных отложениях. Обогащены растительными остатками, особенно в верхней части разреза. Мощность от 3 до 10 м, максимальная до 9-11,5 м в нижнем течении реки Невы.

Аллювиальные отложения (aIV) развиты в долинах современных рек и ручьев, представлены русловыми и пойменными фациями. Представляют собой узкие полосы вдоль русел рек, слагая пойму и надпойменную террасу. Снизу подстилаются озерно-ледниковыми отложениями Балтийского ледникового озера и озерно-ледниковыми и ледниковыми отложениями осташковского горизонта.

В долине реки Невы встречается в основном русловой аллювий и очень редко пойменный. Русловой аллювий представлен материалом от гравийно-галечниковых разностей до супесей и суглинков, мощность до 2-3 м. Пойменный аллювий слагает высокую и низкую поймы, имеет преимущественно песчано-суглинистый состав. Может содержать линзы торфа или хемогенных осадков. Мощность толщи до 6 м.

Болотные отложения (bIV) представлены торфами, мощностью от 0,2 до 11 м. Болота верховые или переходного типа.

В озерных осадках в период последней трансгрессии образовались слои и линзы погребенных торфов, которые продолжили свое развитие в позднем голоцене. Вдоль Финского залива внутри отложений голоцена встречаются линзы погребенного торфа мощностью до 6 м.

Техногенные отложения (tIV) распространены локально, связаны с антропогенной деятельностью. Представлены включениями строительного мусора, намывными и насыпными грунтами (Геоморфология и четвертичные отложения..., 1969).

2.1.2 Геологическое строение района



Рисунок 4. Геологическое строение окрестностей Санкт-Петербурга

Ленинградская область расположена в зоне сочленения двух крупных геологических структур: Балтийского щита и северного крыла Московской синеклизы (Рис. 4). Кристаллический фундамент под ней рассечен сетью разломов на многочисленные блоки размером от 40 до 60 км.

Восточно-Европейская платформа является одним из крупнейших континентальных блоков Евразии. ВЕП подразделяется на два структурных этажа: фундамент представлен сложнодислоцированными и интенсивно метаморфизованными породами архея – раннего протерозоя, прорванными интрузиями различного состава, осадочный чехол – докембрийскими, палеозойскими и четвертичными образованиями.

Кристаллические породы фундамента полого погружаются в южном и юго-восточном направлении. Выше фундамент несогласно перекрыт чехлом, сложенным дочетвертичными и четвертичными комплексами (Геология СССР, 1971).

Нижний комплекс представлен коренными породами, залегающими моноклинально. В основании находятся вендские отложения, наиболее распространенные на северо-западе Ленинградской области. Выше залегают кембрийско-ордовикские породы и с перерывом среднедевонские. Верхний комплекс четвертичных отложений плащеобразно залегает на коренных породах, повторяя структурные формы осадочного чехла.

2.1.3 Новейшая тектоника

По существующему тектоническому режиму территория Ленинградской области принадлежит материковой платформе, испытывающей общее поднятие. Природа региональных и локальных структурных форм, созданных новейшими тектоническими движениями, преимущественно эпейрогеническая, для региональных движений – отчасти и гляциоизостатическая.

Новейший этап тектонического развития северо-запада Русской платформы является частью платформенного периода, установившегося здесь в верхнем протерозое. В пределах территории Ленинградской области начало новейшего этапа относится к концу палеогена – началу неогена, в ходе него сформировался современный рельеф. По особенностям тектонических процессов и их геоморфологическому выражению выделяют три стадии новейшего этапа: доплейстоценовый, плейстоценовый и голоценовый.

На доплейстоценовом этапе продолжалось унаследованное развитие платформенных локальных и региональных структурных форм. Геоморфологическим выражением взаимодействия региональных новейших тектонических движений с экзогенными процессами являются поверхности выравнивания, которые фиксируются в рельефе поверхности дочетвертичных пород. В настоящее время они погребены под покровом четвертичных отложений, но отражаются в современном рельефе, образуя его основу.

На плейстоценовом этапе на фоне незначительных эпейрогенических движений, происходили более заметные кратковременные прогибания и поднятия земной коры гляциоизостатического характера. В это время в пределах северо-запада Русской равнины происходила преимущественно аккумулятивная деятельность покровных ледников. В результате образовались линейные (Валдайская возвышенность и Балтийская гряда) и островные возвышенности (Можаев Б. Н., 1973).

На голоценовом этапе действие гляциоизостатического фактора в основном прекратилось, так как исчез ледяной покров. Началось вздымание суши со скоростью 0,5-1,5 мм в год (Филиппов, Н.Б., 2009). Снова начали проявляться собственно эпейрогенические движения, из-за чего началась перестройка ледникового рельефа. Локальные новейшие структуры геоморфологически выражены в равнинном рельефе озерно-ледниковых низин.

Амплитуда новейших движений определяется предположительно с учетом деформации погребенных поверхностей выравнивания, поздне- и послеледниковых береговых образований, общего развития структурных форм осадочного чехла.

Особенностями тектонических процессов, которые обусловили формирование основных черт современного рельефа территории северо-запада Русской равнины, являются незначительные суммарные амплитуды, малые градиенты новейших движений земной коры, унаследованное развитие новейших структурных форм по отношению к платформенным структурам осадочного чехла и участие гляциоизостатического фактора (Можаев Б. Н., 1973).

2.2 Гидрогеологические условия

Территория Ленинградской области полностью входит в Русский артезианский бассейн, и только незначительные площади на Карельском и Онежско-Ладожском перешейках приурочены к Балтийскому гидрогеологическому массиву – бассейну трещинных вод. Водоносные горизонты и комплексы приурочены к кристаллическим, терригенным и карбонатным породам, от архейских до современных.

В пределах области распространены подземные трещинные и жильные воды, приуроченные к кристаллическим сильно дислоцированным породам фундамента, и подземные пластовые воды в осадочных породах платформенного чехла. Среди последних в зависимости от литологических особенностей водоносных пород выделяются воды порово-пластовые, трещинно-пластовые, карстово-трещинно-пластовые. По гидравлическим признакам выделяются грунтовые воды со свободной поверхностью в первых от поверхности земли водоносных горизонтах и напорные (артезианские) воды более глубоких горизонтов, перекрытых относительно водоупорными толщами.

Наиболее интенсивная циркуляция подземных вод на пути от области питания к очагам разгрузки происходит в гидродинамической зоне свободного водообмена недр земли с ее поверхностью, что определяется глубиной эрозионных врезов и местным базисом эрозии, близким к уровню моря.

Более затрудненные условия циркуляции подземных вод и водообмена с земной поверхностью связаны с глубинами ниже уровня современных и древних эрозионных врезов, а нижняя граница гидродинамической зоны затрудненного водообмена условно может быть принята соответствующей максимальной глубине близлежащих озерных и морских впадин (Ладожское озеро 225 м, Балтийское море 240-459 м), к которым в общем направлен подземный сток из Ленинградского артезианского бассейна.

Наиболее глубокие части Ленинградского артезианского бассейна, приуроченного к Московской синеклизе на глубине до 1 км и более, относятся к гидродинамической зоне весьма затрудненного водообмена.

Общее движение подземных вод Ленинградского артезианского бассейна имеет северо-западное направление, но выделяются местные отклонения в сторону приозерных депрессий и

сопряженных с ними глубоких долин крупных рек. Чем ближе к земной поверхности залегает водоносный горизонт, тем в большей зависимости от рельефа находится его пьезометрическая поверхность. Наиболее отчетливо области создания гидростатического напора выявляются на водораздельных возвышенностях, группирующихся в двух основных зонах субмеридионального простирания: западной, к которой относятся возвышенности Ижорская, Струго-Красненская (Лужская), Судомская, Бежаницкая, и восточной, включающей Олонецкую, Вепсовскую и Валдайскую возвышенности.

Эти две зоны возвышенностей разделены депрессиями, которые являются местными очагами разгрузки не только верхних, но и более глубоких водоносных горизонтов, до кембрийско-ордовикского включительно.

Гидрохимическая зональность проявляется в закономерном увеличении минерализации подземных вод с глубиной, от нормально пресных в верхних горизонтах к соленым в более глубоких горизонтах и к рассолам в нижней части гидрогеологического разреза в наибольших депрессиях кристаллического фундамента (Московская синеклиза). С увеличением минерализации также изменяется состав подземных вод от гидрокарбонатных магниевых-кальциевых к сульфатным кальциевым или к водам смешанного состава, а ниже – хлоридным натриевым (Гидрогеология СССР, 1967).

Дочетвертичные водоносные комплексы

Протерозойско-архейский водоносный комплекс сложен гранитами и гнейсами кристаллического фундамента, залегает на глубине более 140 м. Воды пресные и гидрокарбонатные натриевые.

Вендский водоносный комплекс (гдовский горизонт) развит в центральной части Санкт-Петербурга и представлен переслаиванием песчаников, глин и алевролитов. Воды высоконапорные, с минерализацией от 3,5 до 5 г/дм³, характеризуются нестабильным гидродинамическим режимом. Агрессивны по отношению к различным конструкционным материалам. В составе вендского комплекса выделяют 3 горизонта: Редькинский водоносный, Редькинский водоупорный и Котлинский водоносный. Общая мощность комплекса 45-90 м.

Редькинский водоносный горизонт представлен неоднородным песчаником. Воды напорные. С погружением в юго-восточном направлении гидрокарбонатные воды сменяются

хлоридно-гидрокарбонатными и хлоридно-натриевыми. Глубина залегания от 90 до 270 м. Мощность от 13 до 35 м.

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

Котлинский водоносный горизонт сложен переслаивающимися песчаником, алевролитом и глиной. Мощность прослоев песчаника варьирует от 2-10 см до 2-7 м. Подземные воды с естественным напором 70-100 м. Воды пресные, гидрокарбонатные, хлоридно-гидрокарбонатные натриевые или гидрокарбонатные хлоридные с минерализациями 0,1-0,3 г/дм³ и около 0,8 г/дм³ соответственно. Также присутствуют хлоридно-натриевые с минерализацией 2-2,5 г/дм³, а с глубиной этот показатель увеличивается до 3,8-4,4 г/дм³. Котлинский водоносный горизонт залегает на глубине от 100 до 160 м. Мощность 50-60 м.

Котлинский водоупорный горизонт сложен плотными зеленовато-серыми глинами, является мощным регионально выдержанным водоупором. Глубина залегания от нескольких 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.

Кембрийско-ордовикский водоносный комплекс включает нескольких водоносных горизонтов, большинство из которых являются напорными. Напоры достигают 20 м. Воды пресные гидрокарбонатные магниевые-кальциевые или кальциевые-магниевые с минерализациями 0,3-0,6 г/дм³ и 0,4-0,7 г/дм³ соответственно. Присутствует повышенное содержание радона. Глубины залегания комплекса от 25 до 45 м.

Ломоносовский водоносный горизонт залегает между нижнекембрийскими и верхнекотлинскими глинами, сложен разноместными песчаниками. На юге и юго-западе Санкт-Петербурга ломоносовский водоносный горизонт не перекрывается нижнекембрийскими глинами и залегает сразу под четвертичными отложениями. Минерализация вод от 0,4-0,6 г/дм³ до 1,3 г/дм³ и более. Мощность от 3 до 20 м.

Лонтовасский водоупорный горизонт сложен глинами, распространен повсеместно в пределах города. На юге Санкт-Петербурга перекрывает ломоносовский водоносный горизонт и залегает под четвертичными отложениями на глубине 30-60 м. Горизонт является региональным

водоупорным слоем Ленинградского артезианского бассейна. Мощность водоупора от 3-10 до 20-90 м.

Четвертичные водоносные комплексы

Водоупорный горизонт вологодской морены представлен отложениями суглинков с включениями гравия, гальки и валунов. Развит на территории Санкт-Петербурга только в пределах палеодолин. Глубина залегания от 40 до 110 м. Мощность от 1-2 до 60 м.

Вологодско-Московский межморенный водоносный горизонт развит в палеодолинах и в участках понижения дочетвертичного рельефа, представлен разнозернистыми песками с включениями гальки, гравия и валунов. Вода напорная с показателями от 20 до 80 м. По составу воды гидрокарбонатные, хлоридно-гидрокарбонатные и сульфатно-гидрокарбонатные с минерализацией 0,1-0,7 г/дм³. Глубина залегания от 40-60 до 80-100 м. Мощность до 30-60 м.

Московский моренный относительно водоупорный горизонт представлен осадками с различным размером частиц от пылеватых песков до гравийно-галечных и гравийно-валунных разностей. Напор вод колеблется от 1 до 40 м. По составу воды гидрокарбонатные, хлоридно-гидрокарбонатные магниевые-кальциевые или натриевые с минерализацией от 0,1 до 0,6 г/дм³ и с содержанием оксида железа (FeO) до 3-9 мг/дм³. Глубина залегания от 4 до 40 м. Мощность около 40 м.

Осташковский моренный безводный слабопроницаемый горизонт. 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 песчаных линз от нескольких сантиметров до 0,8-1 м. В Санкт-Петербурге на большей части территории моренные отложения перекрыты ледниково-озерными, но на отдельных площадях имеют поверхностное залегание. Вода гидрокарбонатная магниевая-кальциевая с минерализацией 0,3-0,5 г/дм³. Средняя мощность горизонта 10 м, максимальная – 30-45 м.

Осташковский водно-ледниковый водоносный горизонт сложен камами и озами, выполнен крупнозернистыми песками с гравийно-галечниковыми включениями, а также супесями. Воды безнапорные, пресные, гидрокарбонатные магниевые-кальциевые с минерализацией 0,1-0,5 г/дм³. Может наблюдаться повышенное содержание нитратов, что указывает на антропогенный характер загрязнения подземных вод. Питание происходит за счет

атмосферных осадков. Глубина залегания зависит от рельефа поверхности и варьирует от 0,5-1,5 до 10-45 м. Мощность от 5-10 м в низинах до 30-40 м на возвышенностях.

Осташковский водно-ледниковый относительно водоупорный горизонт представлен безвалунными суглинками и ленточными глинами серого и голубовато-серого цвета, с песчаными прослоями и линзами. Воды пресные, гидрокарбонатные и сульфатно-гидрокарбонатные магниевые-кальциевые. Глубина залегания от 0,2 до 6 м. Мощность от 0,8 до 15 м.

Голоценовый морской водоносный горизонт развит на побережье Финского залива, сложен супесями с прослоями суглинков. Воды гидрокарбонатные, хлоридно-гидрокарбонатные, сульфатно-гидрокарбонатные с минерализацией 0,1-0,4 г/л, местами достигающей 1,2-1,8 г/л. Глубина залегания 0-2 м. Средняя мощность 5-7 м, наибольшая может достигать 15 м.

Голоценовый биогенный водоносный горизонт приурочен к болотным отложениям, представленными торфами различной степени разложения. Воды гидрокарбонатные магниевые-кальциевые и кальциевые с минерализацией 0,03-0,3 г/дм³. Присутствует железо, концентрация которого может достигать 3-8 мг/дм³. Воды горизонта не пригодны для питьевого водоснабжения ввиду повышенного содержания растворенных органических веществ и высокой окисляемости. Глубина залегания от 0,1 до 6 м. Мощность от 0,5 до 15 м (Филиппов, Н.Б., 2009).

3 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ УЧАСТКА РАБОТ

1.1 Местоположение и климат

Рассматриваемый участок расположен в г. Гатчина Ленинградской области (Технический отчет об инженерно-геологических изысканиях...).

Климат умеренный, влажный, переходный от морского к континентальному. Влияние на него оказывают массы воздуха, поступающие с Атлантики. Преобладающие ветры западного, юго-западного и северо-западного направления. Характерная сильная циклоническая деятельность обуславливает многолетнюю изменчивость погоды и ее неустойчивость на протяжении года.

Среднемесячная температура района работ по данным метеостанции Санкт-Петербург ИЦП изменяется от $-7,6^{\circ}\text{C}$ в январе и феврале до $+17,8^{\circ}\text{C}$ в июле.

Среднегодовая температура воздуха составляет $+5,4^{\circ}\text{C}$.

Абсолютный максимум температуры воздуха отмечался в августе и достигал $+37^{\circ}\text{C}$.

Абсолютный минимум температур отмечен в январе и составил -37°C . Средняя дата первого заморозка для рассматриваемого района приходится на 10 сентября, последнего – на 5 мая.

Средняя продолжительность безморозного периода составляет 157 дней при наименьшем значении 113 и наибольшем – 191 дней.

По климатическому районированию территория относится к району II, подрайону II В.

1.2 Геоморфология и рельеф

Геоморфологически участок расположен на Девонском плато и входит в пределы Ижорской возвышенности. Абсолютные отметки дневной поверхности составляют 86,7-85,8 м по данным привязки устьев выработок.

Гидрографическая сеть района относится к бассейну Балтийского моря.

1.3 Геологическое строение участка работ

Геологическое строение района работ до глубины 12-20 м составляют современные техногенные и биогенные отложения, верхнечетвертичные, залегающие на девонских отложениях.

Скважинами 2038, 2044, 2045, 2047, 2048, 2053, 2054, 2055, 2056, 2058, 2062, 2063, 2064 с поверхности отмечено асфальтовое покрытие толщиной 0,1 м, уложенное на подсыпку из щебня мощностью 0,1-0,6 м или непосредственно на насыпные грунты. В скважинах 2038 и 2054 на глубине 0,6-0,8 м отмечены бетонные плиты.

Четвертичная система.

Современные отложения.

Техногенные отложения (t IV) встречаются на всей площади, за исключением скважины 2047, представлены насыпными грунтами: шлаком, песками черными, супесями, суглинками с обломками известняка, гранита, битого кирпича, бута, древесины, с обломками металла, с гравием, обломками бетона, со щебнем, с примесями органики и с гнездами слабозаторфованного грунта (ИГЭ 1).

Потери при прокаливании составили 1-14%.

Срок отсыпки насыпных грунтов составляет более 30 лет.

Мощность насыпных грунтов изменяется от 0,3 до 3,3 м, подошва пересечена на глубинах от 0,5 до 3,3 м, на абсолютных отметках 86,0-82,6 м.

Биогенные отложения (b IV) представлены торфами буровато-коричневыми средней степени разложения ($D_{др}=30\%$) (ИГЭ 1а), встречены локально в скважине 2048, залегают под толщей насыпных грунтов.

Биогенные отложения залегают до глубины 2,0 м, до абсолютной отметки 82,9 м.

Мощность торфов в скважине 2048 составила 0,8 м.

Четвертичная система

Осташковский горизонт

Лужские ледниковые отложения (g III lz) представлены супесями пылеватыми пластичными коричневато-серыми с гнездами песка с гравием, галькой с обломками известняка, песчаника до 25% (ИГЭ 2) и супесями пылеватыми твердыми коричневато-серыми, бурыми с гнездами песка с гравием, галькой с обломками песчаника и известняка до 25% (ИГЭ 3).

В толще моренных отложений встречаются отдельные валуны.

В скважине 2051 в интервале 4,6-5,2 м отмечен валун.

Мощность ледниковых отложений составляет от 2,9 до 6,9 м, подошва пересечена на глубинах от 4,6 до 8,4 м, на абсолютных отметках 81,8-77,4 м.

Девонская система

Средний отдел

Среднедевонские отложения (D2) представлены песками пылеватыми плотными красновато-коричневыми насыщенными водой с прослоями глины, песчаника (ИГЭ 4) и песками мелкими плотными красновато-коричневыми водонасыщенными с прослоями глины, песчаника (ИГЭ 4.1), глинами твердыми красновато-коричневыми с прослоями песчаника, песка (ИГЭ 5, 6).

Вскрытая мощность отложений составляет от 4,6 до 13,8 м, подошва пересечена на глубинах от 12,0 до 21,0 м, на абсолютных отметках от 74,7 до 64,8 м.

Подошва отложений не вскрыта.

1.4 Физико-механические свойства грунтов

Вся толща грунтов до глубины 12-20 м разделена на 8 инженерно-геологических элементов с учетом возраста, генезиса, текстурно-структурных характеристик и номенклатурного вида слагающих участков грунтов. Инженерно-геологический разрез, колонки к нему, таблица результатов определения коррозионной агрессивности грунтов представлены в приложениях 1-3.

Нормативные и расчетные значения характеристик физико-механических свойств грунтов приведены в таблице 17, где X_n – нормативное значение, X_I – для расчетов по несущей способности, X_{II} – для расчетов по деформации.

Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов представлены в таблицах 2, 5, 7, 9, 11, 13,15.

Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов представлены в таблицах 3-4, 6, 8, 10, 12, 14, 16.

Значения прочностных характеристик связных грунтов определены по результатам сдвиговых испытаний, проведенных на образцах ненарушенного сложения по методике ГОСТ 12248-2010 (рис. 5, 10, 13, 18).

Для связных грунтов также выполнены лабораторные испытания методом компрессионного сжатия в соответствии с ГОСТ 12248-2010 (рис. 6, 11, 14, 19) и трехосные испытания (рис. 7-9, 12, 15-17, 20-23).

Четвертичные отложения

Техногенные отложения t IV

ИГЭ 1 – насыпные грунты: пески, супеси, суглинки с обломками бетона, кирпичей, металла, древесины, со щебнем, с гнездами заторфованного грунта с примесями органики.

Таблица 2

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
2041	0,5	19,0	3,9		0,3	2,2	14,4	18,7	28,1	6,6	6,8
2043	1	12,3	7,2			0,9	14,0	19,4	29,4	8,1	8,7
2040	2,5	3,2	4,9		0,1	2,9	15,9	15,3	35,0	11,5	11,2

Таблица 3

Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ 1

№ геолог. выаб	Глубина отбора проб, м	Влажность, дол.ед			Число пластич.	Плотность, т/м ³			Кэф. порист. прир.	Кэф. водонасыщ.	Показатель консистенц., дол.ед.				
		прир.	на границе			грунта	скелет.	частиц.			I _p	ρ	ρ _d	ρ _s	e
			текуч.	раскат.	W				W _L	W _P					
2041	0,5	0,140	0,194	0,144	0,050	2,14	1,88	2,69	0,433	0,87	-0,08				
2043	1	0,174	0,228	0,159	0,069			2,70			0,22				
2040	2,5	0,107	0,166	0,127	0,039			2,68			-0,51				

Биогенные отложения в IV

ИГЭ 1a – торф среднеразложившийся буровато-коричневый насыщенный водой.

Таблица 4

Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ 1a

№ геолог. выаб	Глубина отбора проб, м	Влажность, дол.ед			Число пластич.	Плотность, т/м ³			Кэф. порист. прир.	Кэф. водонасыщ.	Показатель консистенц., дол.ед.				
		прир.	на границе			грунта	скелет.	частиц.			I _p	ρ	ρ _d	ρ _s	e
			текуч.	раскат.	W				W _L	W _P					
2048	2	2,054				1,12	0,37	1,70	3,636	0,96					

Лужские ледниковые отложения g III lz

ИГЭ 2 – супеси пылеватые пластичные коричневато-серые с гнездами песка с гравием, галькой с обломками песчаника до 25%. Средняя величина природной влажности 0,138 д. ед., средняя плотность составляет 2,21 т/м³, средний коэффициент пористости 0,385. Модуль общей деформации E = 13,0 МПа.

Таблица 5

Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ 2

№ 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
2043	2	22,9	4,6			0,2	9,8	10,8	26,9	11,9	12,9
2043	3	7,3	8,0			1,8	11,8	12,4	34,5	11,7	12,5
2060	4	14,8	6,9			1,5	12,7	15,2	28,7	11,2	9,0
2049	6	3,8	3,3			5,0	23,6	12,9	22,3	13,5	15,6

Таблица 6

Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ 2

№ геолог. выаб	Глубина отбора проб, м	Влажность, дол.ед			Число пластич.	Плотность, т/м ³			Коэф. порист. прир.	Коэф. водонасыщ.	Показатель консистенц., дол.ед.	
		прир.	на границе			грунта	скелет.	частиц.			e	S _r
			текуч.	раскат.	ρ				ρ _d	ρ _s		
2043	2	0,122	0,180	0,122	0,058	2,24	2,00	2,70	0,352	0,93	0,00	0,22
2043	3	0,121	0,181	0,117	0,064	2,27	2,02	2,70	0,333	0,98	0,06	0,07
2060	4	0,143	0,173	0,131	0,042	2,19	1,92	2,69	0,404	0,95	0,29	0,20
2049	6	0,133	0,184	0,133	0,051	2,22	1,96	2,69	0,373	0,96	0,00	0,04

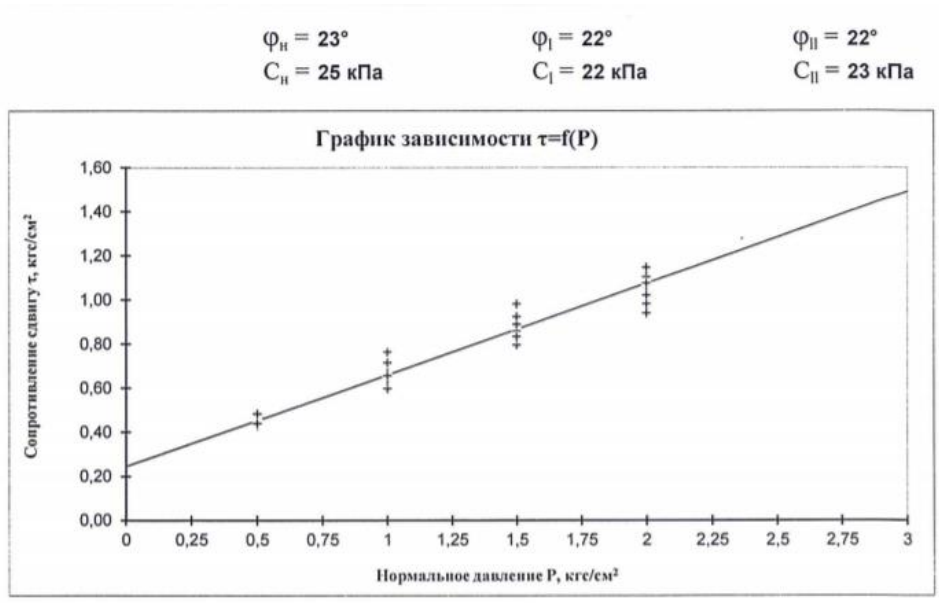


Рисунок 5. Прочностные свойства грунтов ИГЭ 2, глубины отбора образцов 1-6 м. (X_{II} – нормативное значение, X_I – для расчетов по несущей способности, X_{II} – для расчетов по деформации). Метод сдвиговых испытаний в соответствии с ГОСТ 12248-2010.

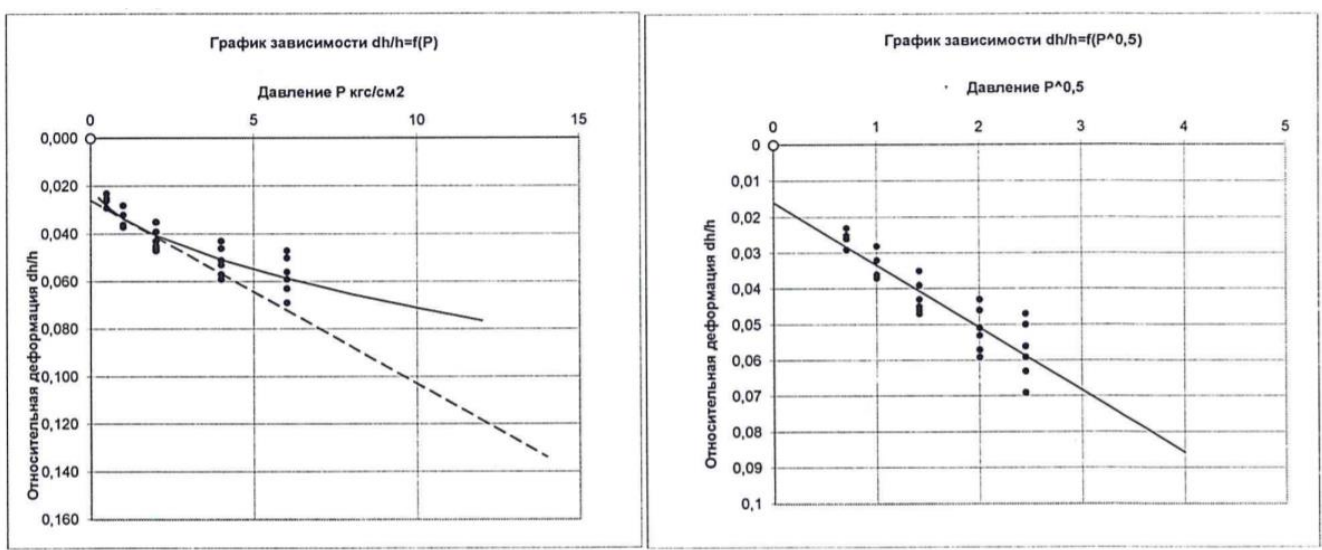


Рисунок 6. Деформационные свойства грунтов ИГЭ 2, глубины отбора образцов 2,5-6 м. Метод компрессионного сжатия в соответствии с ГОСТ 12248-2010.

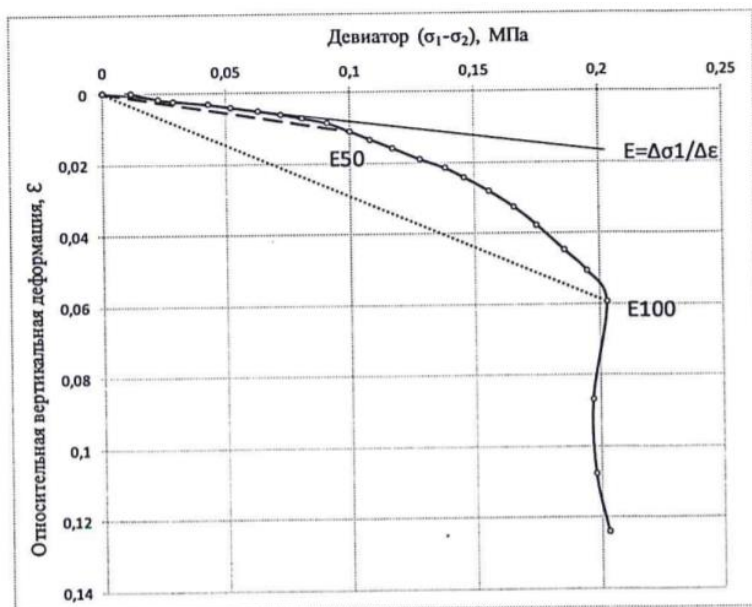


Рисунок 7. Результат испытания грунта методом трехосного сжатия (ИГЭ 2), глубина отбора монолита 2 м. Сквaziна 2044.

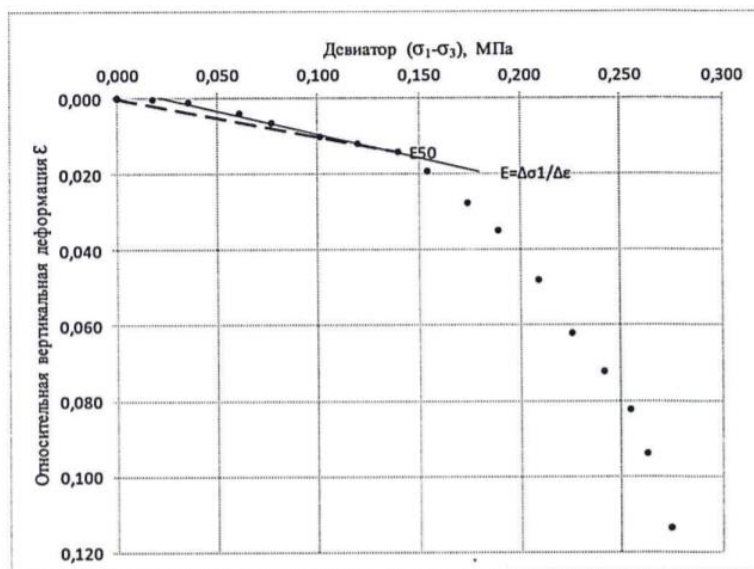


Рисунок 8. Результат испытания грунта методом трехосного сжатия (ИГЭ 2), глубина отбора монолита 4 м. Сквaziна 2062.

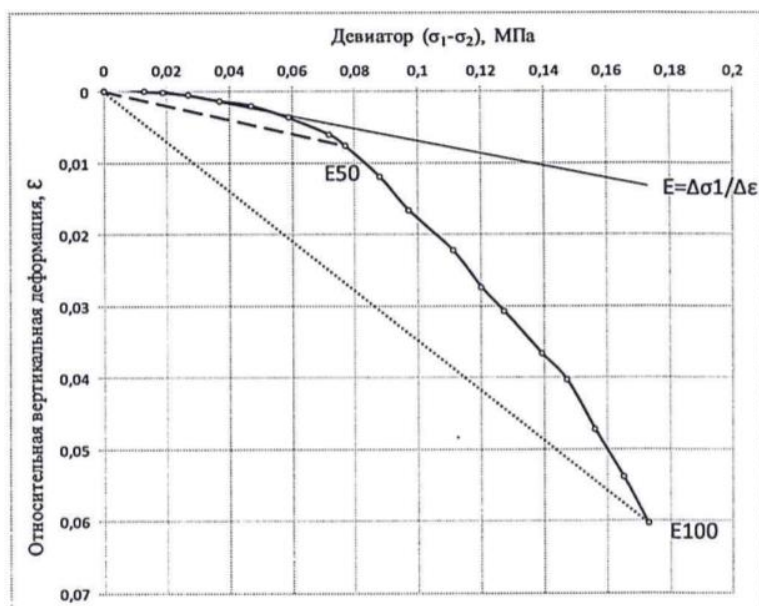


Рисунок 9. Результат испытания грунта методом трехосного сжатия (ИГЭ 2), глубина отбора монолита 6 м. Скважина 2040.

ИГЭ 3 – супеси пылеватые твердые коричневатые-серые с гнездами песка с гравием, галькой с обломками песчаника до 25%. Средняя величина природной влажности 0,122 д. ед., средняя плотность составляет 2,25 т/м³, средний коэффициент пористости 0,342. Модуль общей деформации E = 21,2 МПа.

Таблица 7

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
2045	2,5	15,5	5,3			1,8	10,8	11,4	30,5	12,1	12,6
2049	3	15,1	5,7			1,5	10,7	11,8	32,0	11,3	11,9
2041	4	9,2	6,1			0,8	12,1	11,8	34,2	12,6	13,2
2043	5	30,7	2,9			0,8	11,1	9,8	23,7	9,5	11,5
2043	6	8,4	5,9			6,9	17,6	13,4	22,4	12,2	13,2

Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ 3

№ геолог. выаб	Глубина отбора проб, м	Влажность, дол.ед			Число пластич.	Плотность, т/м ³			Коэф. порист. прир.	Коэф. водонасыщ.	Показатель консистенц., дол.ед.	
		прир.	на границе			грунта	скелет.	частиц.			I _L	C _V
			текуч.	раскат.								
2045	2,5	0,133	0,186	0,139	0,047	2,23	1,97	2,69	0,367	0,98	-0,13	-0,01
2049	3	0,116	0,191	0,137	0,054	2,28	2,04	2,69	0,317	0,99	-0,39	-0,08
2041	4	0,116	0,169	0,117	0,052	2,24	2,01	2,69	0,340	0,92	-0,02	-0,08
2043	5	0,126	0,188	0,127	0,061	2,24	1,99	2,70	0,357	0,95	-0,02	
2043	6	0,126	0,190	0,128	0,062	2,27	2,02	2,70	0,339	1,00	-0,03	-0,03

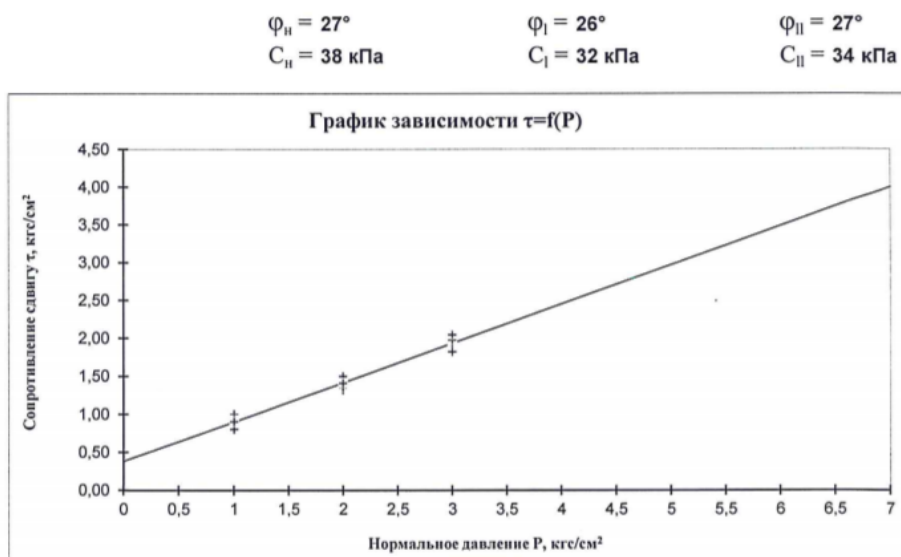


Рисунок 10. Прочностные свойства грунтов ИГЭ 3, глубины отбора образцов 3-4 м (X_{II} – нормативное значение, X_I – для расчетов по несущей способности, X_{II} – для расчетов по деформации). Метод сдвиговых испытаний в соответствии с ГОСТ 12248-2010.

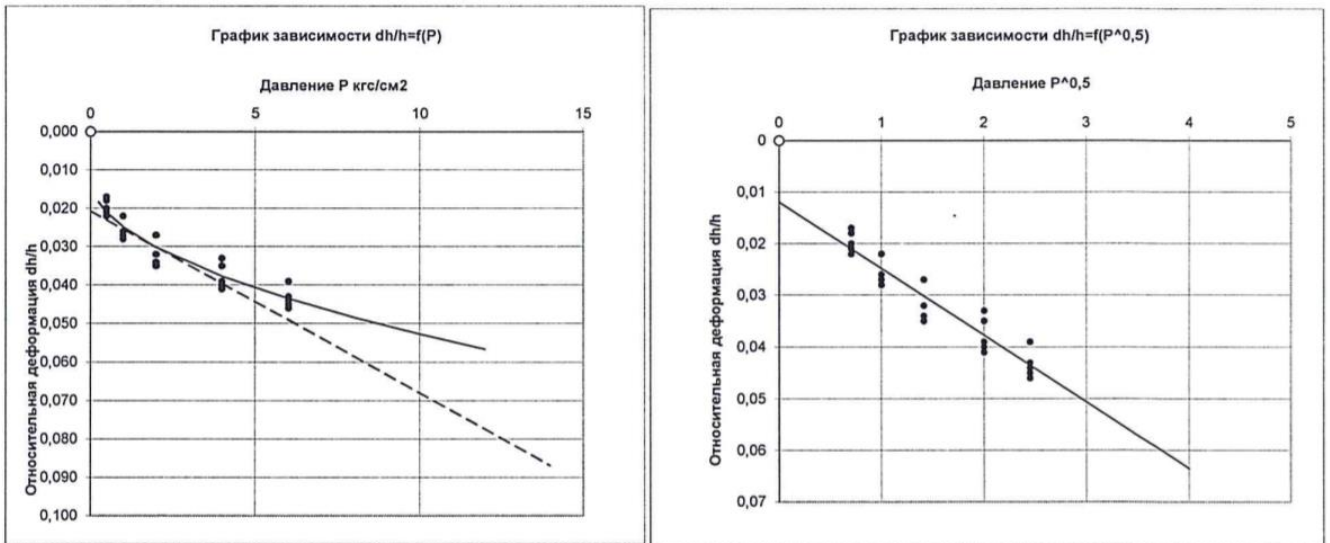


Рисунок 11. Деформационные свойства грунтов ИГЭ 3, глубины отбора образцов 2,5-4 м. Метод компрессионного сжатия в соответствии с ГОСТ 12248-2010.

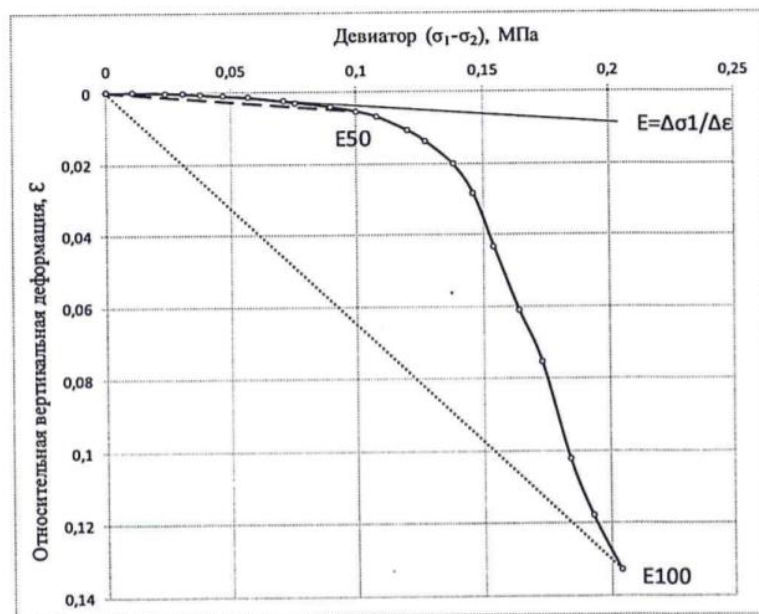


Рисунок 12. Результат испытания грунта методом трехосного сжатия (ИГЭ 3), глубина отбора монолита 4 м. Скважина 2046.

Девонская система

Средний отдел

ИГЭ 4 – пески пылеватые плотные красновато-коричневые насыщенные водой с прослоями глины, песчаника. Средняя величина природной влажности 0,160, средняя плотность составляет 2,15 т/м³, средний коэффициент пористости 0,450.

Таблица 9

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
2046	6				0,1	6,0	59,9	6,5	15,5	7,9	4,1
2050	8					2,4	35,2	33,2	21,6	6,8	0,8
2039	10					0,1	12,1	38,9	32,1	8,2	8,6
2054	12					0,3	29,9	30,1	22,0	11,2	6,5
2040	14				0,1	0,8	16,3	42,7	28,9	8,4	2,8
2038	16		2,2			0,7	10,2	31,9	34,8	10,7	9,5

Таблица 10

Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ 4

№ геолог. выаб	Глубина отбора проб, м	Влажность, дол.ед			Число пластич.	Плотность, т/м ³			Коэф. порист. прир.	Коэф. водонасыщ.	Показатель консистенц., дол.ед.	
		прир.	на границе			грунта	скелет.	частиц.			e	S _r
			текуч.	раскат.	ρ				ρ _d	ρ _s		
W	W _L	W _p	I _p	ρ	ρ _d	ρ _s	e	S _r	I _L	C _v		
2050	8	0,142				2,15	1,88	2,65	0,408	0,92		
2039	10	0,169				2,14	1,83	2,65	0,448	1,00		

ИГЭ 4,1 – пески мелкие плотные красновато-коричневые насыщенные водой с прослоями глины, песчаника. Средняя величина природной влажности 0,198, средняя плотность составляет 2,07 т/м³, средний коэффициент пористости 0,550.

Таблица 11

Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ 4,1

№ 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
2056	6					1,9	77,4	11,2	5,4	2,7	1,4
2043	8					2,5	74,9	13,0	6,1	2,5	1,0
2055	9					2,3	72,7	10,6	9,2	3,0	2,2
2056	10				0,6	4,7	74,8	15,1	3,5	1,0	0,3
2055	11				1,3	6,0	75,0	11,0	4,8	1,5	0,4
2055	12				6,0	7,5	70,0	12,3	2,9	1,0	0,3

Таблица 12

Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ 4,1

№ геолог. выаб	Глубина отбора проб, м	Влажность, дол.ед			Число пластич.	Плотность, т/м ³			Коэф. порист. прир.	Коэф. водонасыщ.	Показатель консистенц., дол.ед.	
		прир.	на границе			грунта	скелет.	частиц.			e	S _r
			текуч.	раскат.	ρ				ρ _d	ρ _s		
W	W _L	W _p	I _p	ρ	ρ _d	ρ _s	e	S _r	I _L	C _v		
2043	8	0,187				2,08	1,75	2,68	0,529	0,95		
2055	11	0,200				2,07	1,73	2,65	0,536	0,99		

ИГЭ 5 – глины твердые красновато-коричневые с прослоями песчаника, песка. Средняя величина природной влажности 0,150, средняя плотность составляет 2,18 т/м³, средний коэффициент пористости 0,435. Модуль общей деформации E = 16,9 МПа.

Таблица 13

Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ 5

№ 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
2044	6					0,4	8,8	21,4	32,4	12,6	24,4
2044	8					0,3	14,3	19,1	31,6	11,2	23,5
2043	10					0,2	14,5	10,0	36,9	15,8	22,6
2041	12					0,7	4,8	24,0	36,2	9,6	24,7
2038	18	1,8	18,2			1,2	7,8	6,3	25,6	18,0	21,1
2038	21	18,7	6,2			0,7	6,0	14,6	25,3	14,8	13,7

Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ 5

№ геолог. выработ	Глубина отбора проб, м	Влажность, дол.ед.			Число пластич.	Плотность, т/м ³			Коэф. порист. прир.	Коэф. водонасыщ.	Показатель консистенц., дол.ед.			
		прир.	на границе			грунта	скелет.	частиц.			e	S _r	I _L	C _v
			текуч.	раскат.										
W	W _L	W _P	I _p	ρ	ρ _d	ρ _s	e	S _r	I _L	C _v				
2044	6	0,146	0,234	0,164	0,070	2,19	1,91	2,70	0,413	0,95	-0,26			
2044	8	0,156	0,272	0,177	0,095	2,15	1,86	2,72	0,463	0,92	-0,22			
2043	10	0,175	0,275	0,201	0,074	2,10	1,79	2,70	0,511	0,93	-0,35			
2041	12	0,143	0,245	0,175	0,070	2,16	1,89	2,70	0,429	0,90	-0,46			
2038	18	0,147	0,256	0,181	0,075	2,21	1,93	2,70	0,401	0,99	-0,45			
2038	21	0,145	0,230	0,160	0,070	2,21	1,93	2,70	0,399	0,98	-0,21			

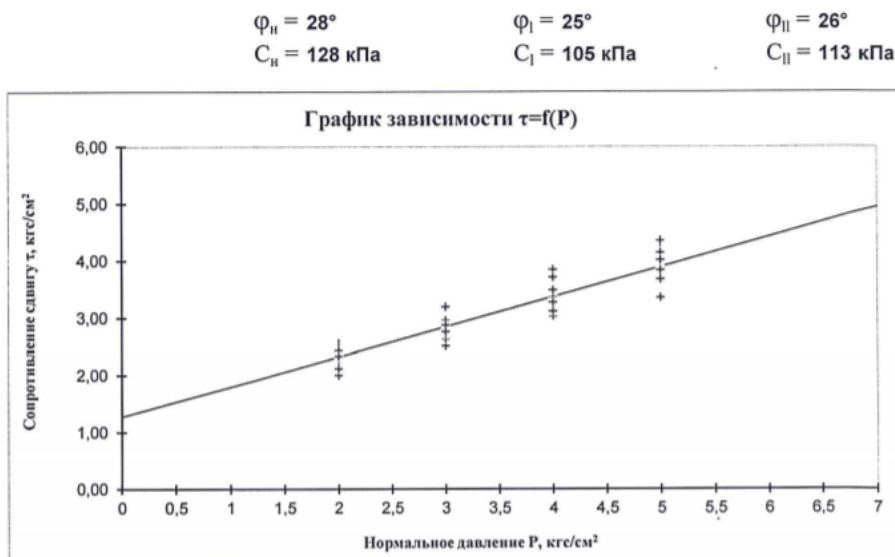


Рисунок 13. Прочностные свойства грунтов ИГЭ 5, глубины отбора образцов 7,5-20 м (X_{II} – нормативное значение, X_I – для расчетов по несущей способности, X_{II} – для расчетов по деформации). Метод сдвиговых испытаний в соответствии с ГОСТ 12248-2010.

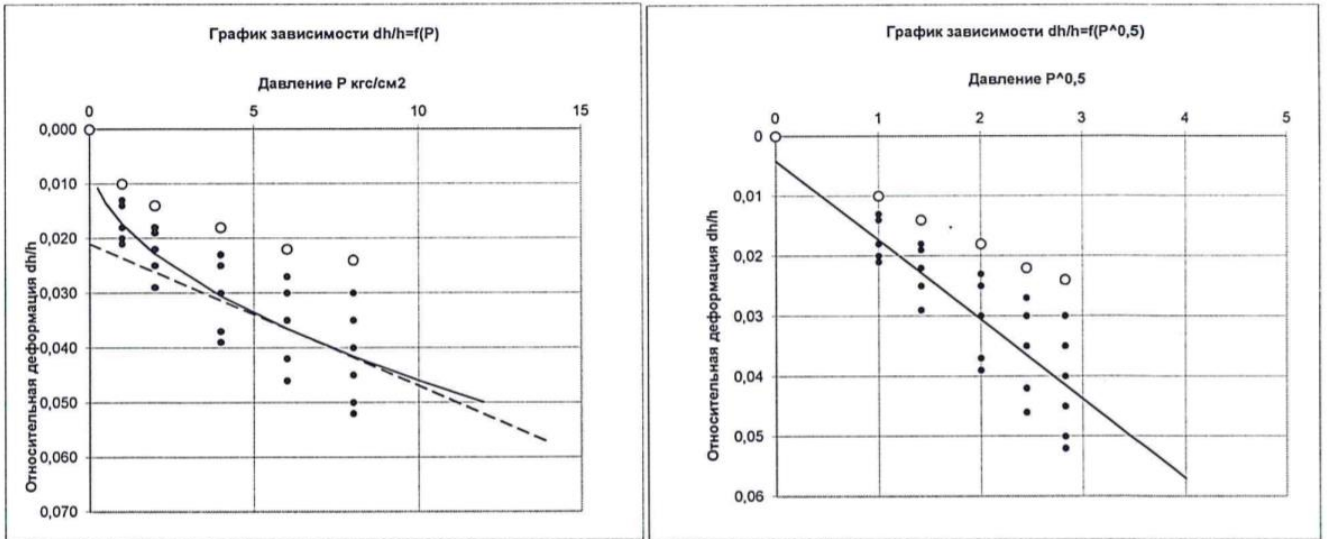


Рисунок 14. Деформационные свойства грунтов ИГЭ 5, глубины отбора образцов 8,5-12 м.
Метод компрессионного сжатия в соответствии с ГОСТ 12248-2010.

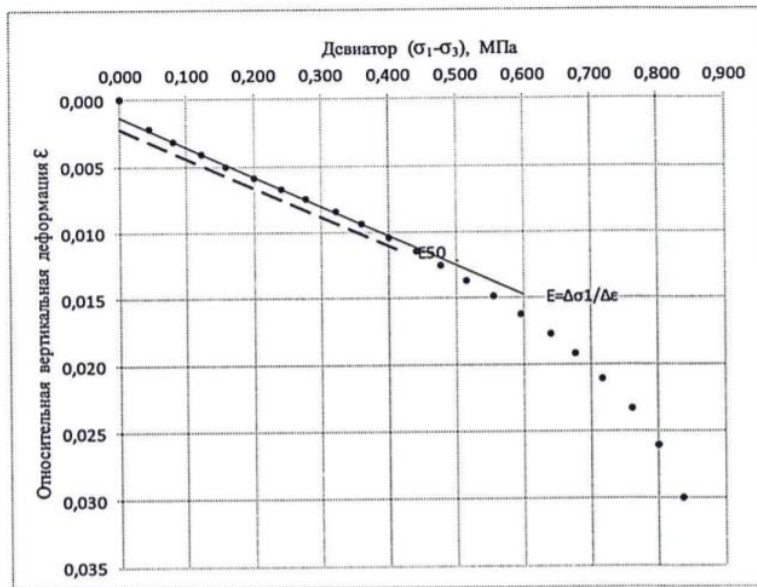


Рисунок 15. Результат испытания грунта методом трехосного сжатия (ИГЭ 5), глубина отбора монолита 8 м. Скважина 2044.

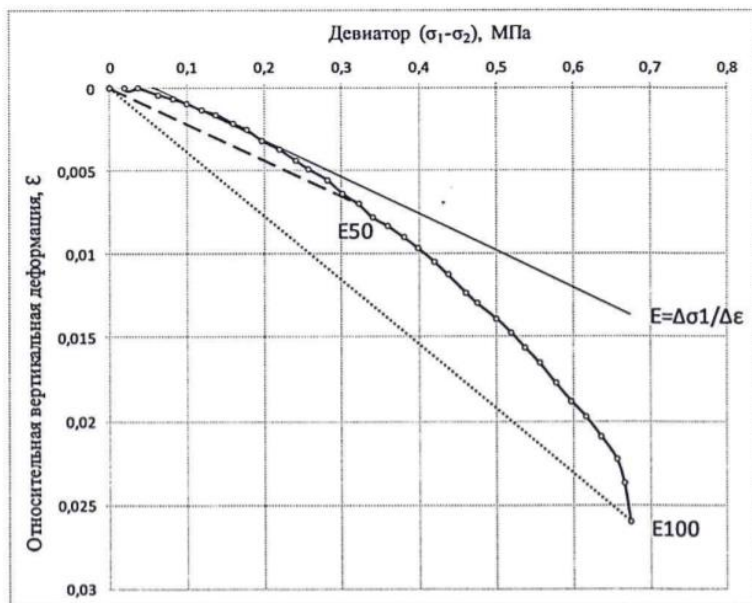


Рисунок 16. Результат испытания грунта методом трехосного сжатия (ИГЭ 5), глубина отбора монолита 10 м. Скважина 2040.

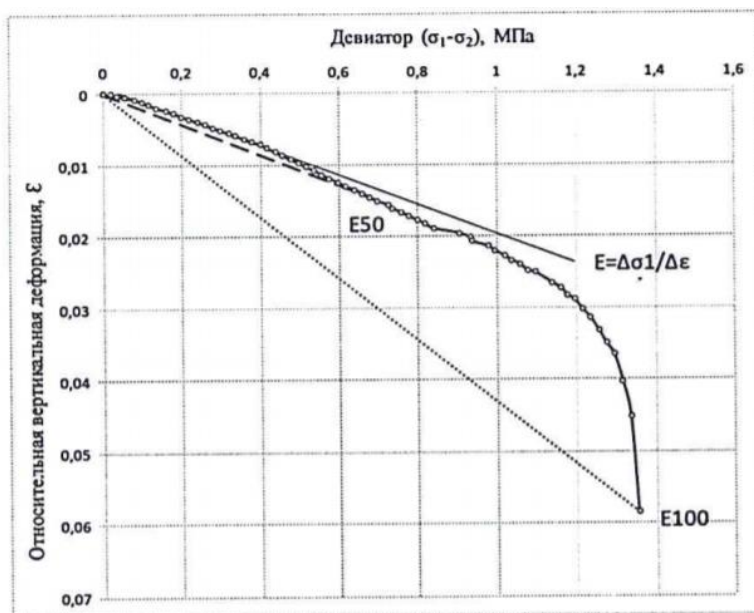


Рисунок 17. Результат испытания грунта методом трехосного сжатия (ИГЭ 5), глубина отбора монолита 12 м. Скважина 2052.

ИГЭ 6 – глины твердые красновато-коричневые с прослоями песчаника, песка. Средняя величина природной влажности 0,181, средняя плотность составляет 2,13 т/м³, средний коэффициент пористости 0,517. Модуль общей деформации E = 30,1 МПа.

Таблица 15

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
2046	8						0,5	7,3	43,2	19,7	29,3
2041	11					0,5	12,3	3,8	21,0	20,8	41,6
2039	15					0,2	3,3	11,3	30,8	15,3	39,1
2039	16				0,2	0,5	4,2	5,2	38,4	17,9	33,6
2040	18					0,2	1,3	12,0	35,8	15,5	35,2

Таблица 16

Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ 6

№ геолог. выаб.	Глубина отбора проб, м	Влажность, дол.ед			Число пластич.	Плотность, т/м ³			Коэф. порист. прир.	Коэф. водонасыщ.	Показатель консистенц., дол.ед.	
		прир.	на границе			грунта	скелет.	частиц.			e	S _r
			текуч.	раскат.	ρ				ρ _d	ρ _s		
W	W _L	W _p	I _p	ρ	ρ _d	ρ _s	e	S _r	I _L	C _v		
2046	8	0,182	0,425	0,273	0,152	2,15	1,82	2,74	0,506	0,98	-0,60	
2041	11	0,170	0,350	0,230	0,120	2,12	1,81	2,71	0,496	0,93	-0,50	
2039	15	0,188	0,421	0,271	0,150	2,13	1,79	2,74	0,528	0,98	-0,55	
2039	16	0,169	0,376	0,247	0,129	2,17	1,86	2,73	0,471	0,98	-0,60	
2040	18	0,182	0,352	0,234	0,118	2,11	1,79	2,73	0,529	0,94	-0,44	

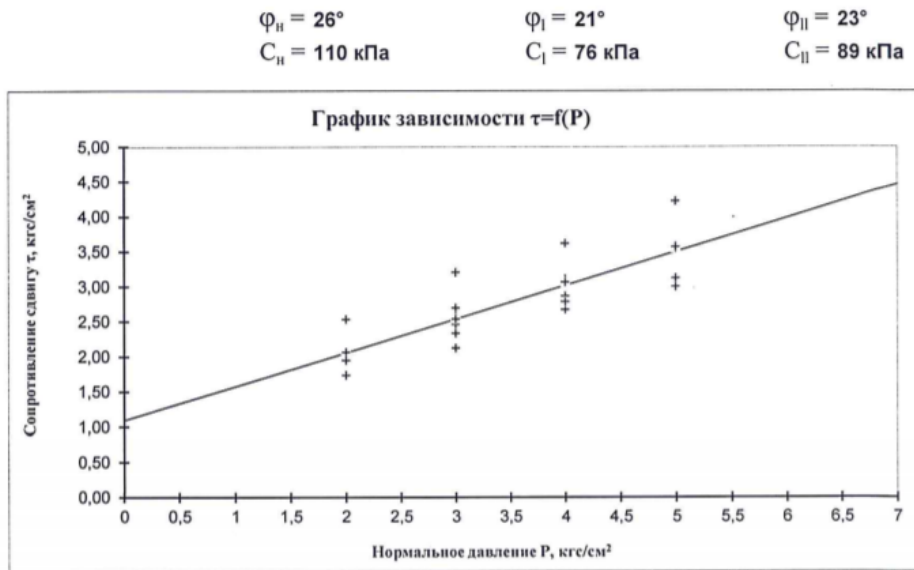


Рисунок 18. Прочностные свойства грунтов ИГЭ 6, глубины отбора образцов 8-16 м (X_{II} – нормативное значение, X_I – для расчетов по несущей способности, X_{II} – для расчетов по деформации). Метод сдвиговых испытаний в соответствии с ГОСТ 12248-2010.

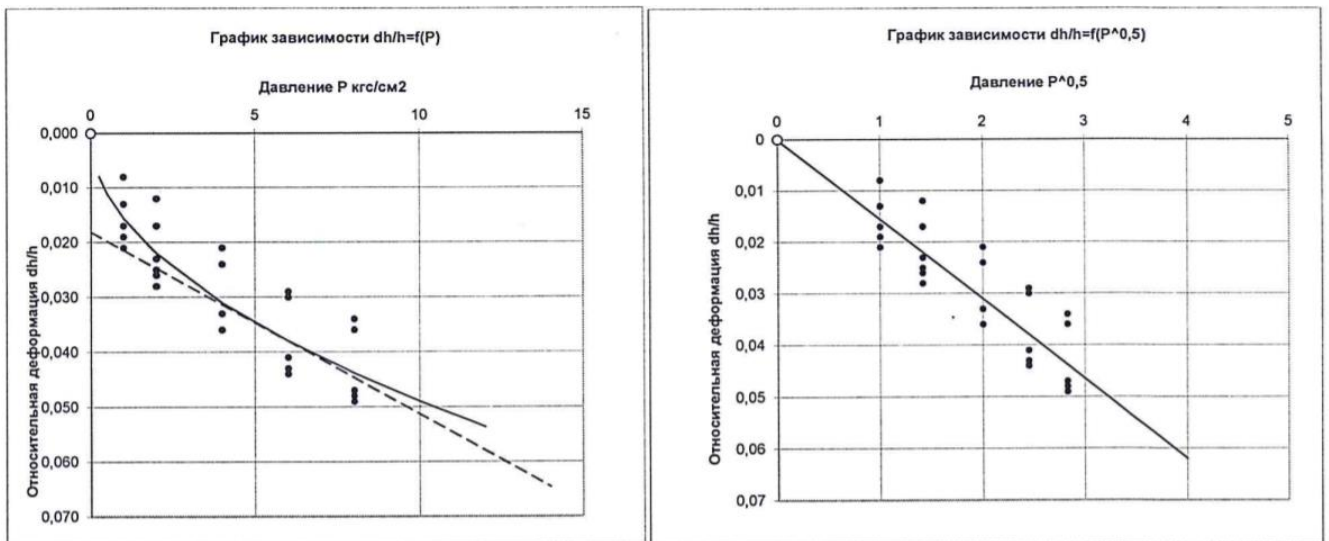


Рисунок 19. Деформационные свойства грунтов ИГЭ 6, глубины отбора образцов 6,5-15 м. Метод компрессионного сжатия в соответствии с ГОСТ 12248-2010.

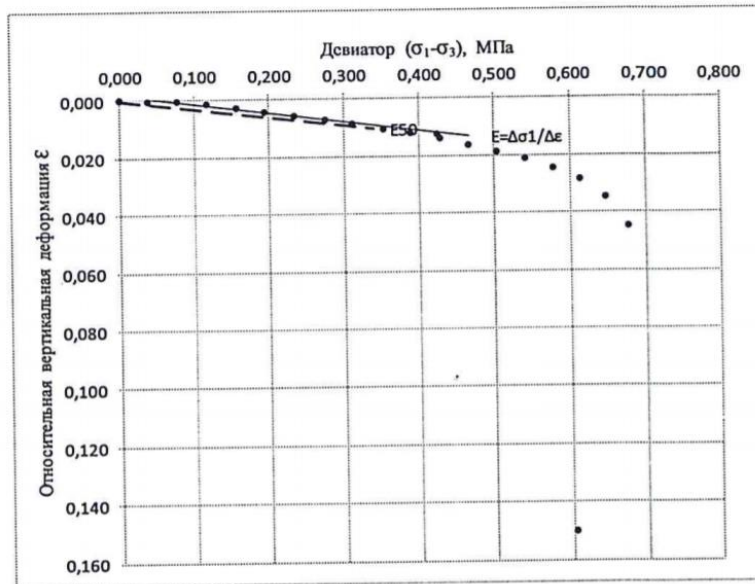


Рисунок 20. Результат испытания грунта методом трехосного сжатия (ИГЭ 6), глубина отбора монолита 6 м. Скважина 2062.

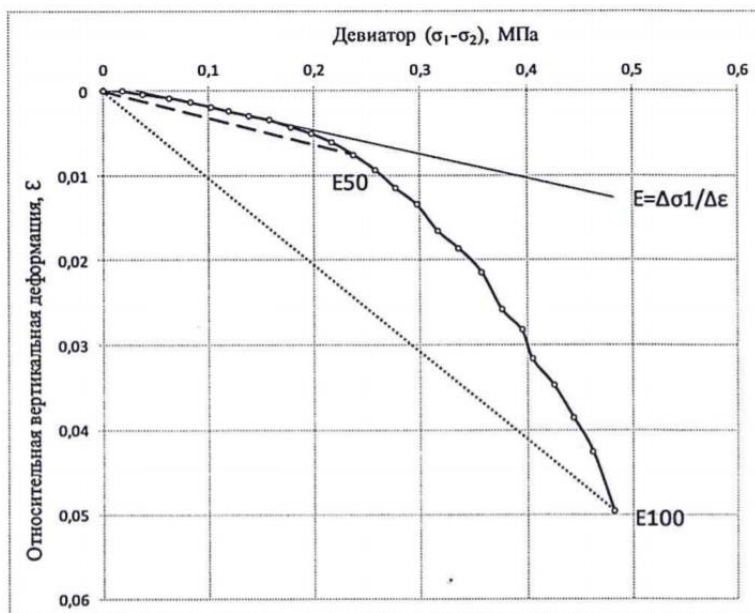


Рисунок 21. Результат испытания грунта методом трехосного сжатия (ИГЭ 6), глубина отбора монолита 8 м. Скважина 2046.

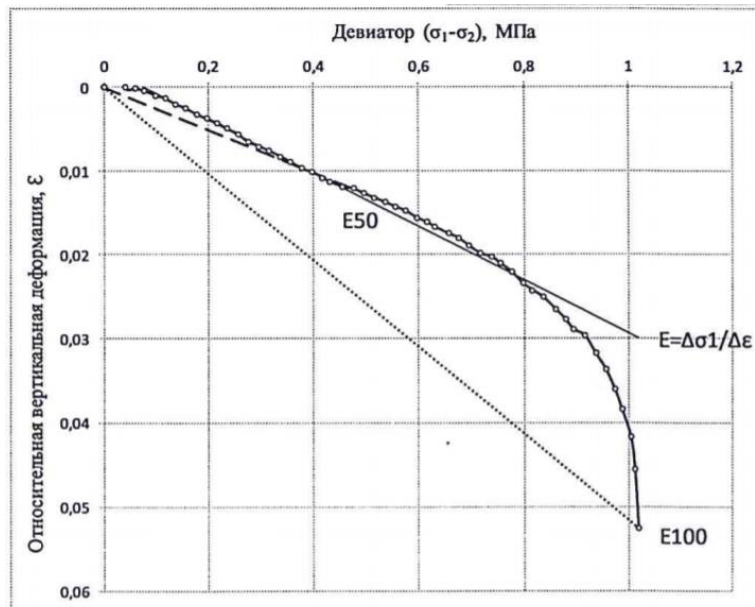


Рисунок 22. Результат испытания грунта методом трехосного сжатия (ИГЭ 6), глубина отбора монолита 11 м. Скважина 2044.

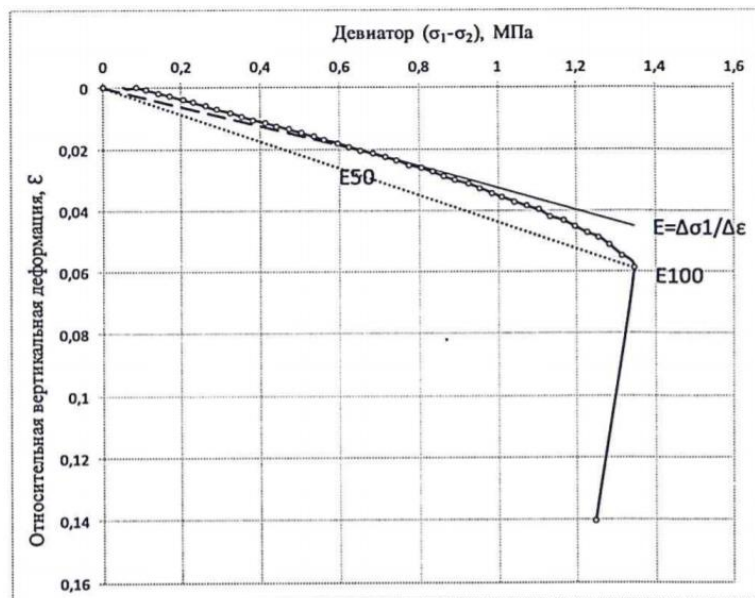


Рисунок 23. Результат испытания грунта методом трехосного сжатия (ИГЭ 6), глубина отбора монолита 16 м. Скважина 2039.

Нормативные и расчетные значения характеристик грунтов

Геологический индекс	Номенклатурное название грунтов	№ ИГЭ	Хар-ка	Число пластичности I_p	Природная влажность W	Плотность грунта ρ , т/м ³	Коэфф. пористости e	Показатели консистенции		Показатели прочности		Модуль деформации E , МПа
								I_L	C_v	φ , град	c , кПа	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
t IV	Насыпные грунты: пески, супеси, суглинки с обломками бетона, кирпичей, металла, древесины, со щебнем, с гнездами заторфованного грунта с примесями органики	1	X_H									$R_0 = 80-100$ кПа
			X_I									
			X_{II}									
b IV	Торф среднеразложившийся буровато-коричневый насыщенный водой	1a	X_H		2,05	1,12	3,636					1,5
			X_I			1,12						
			X_{II}			1,12						
g III lz	Супеси пылеватые пластичные коричневато-серые с гнездами песка с гравием, галькой с обломками песчаника до 25%	2	X_H	0,05	0,14	2,21	0,385	0,15	0,12	23	25	13
			X_I			2,21±0,01				22	22	
			X_{II}			2,21±0,01				22	23	

g III lz	Супеси пылеватые твердые коричнево-серые с гнездами песка с гравием, галькой с обломками песчаника до 25%	3	X _H	0,05	0,12	2,25	0,342	-0,22	-0,06	27	38	21
			X _I			2,25±0,01				26	32	
			X _{II}			2,25±0,01				27	34	
D ₂	Пески пылеватые плотные красновато-коричневые насыщенные водой с прослоями глины, песчаника	4	X _H	0,16	0,16	2,15	0,450			36	8	39
			X _I			2,15±0,11				33	5	
			X _{II}			2,15				36	8	
D ₂	Пески мелкие плотные красновато-коричневые насыщенные водой с прослоями глины, песчаника	4,1	X _H	0,20	0,20	2,07	0,550			36	4	38
			X _I			2,07±0,10				33	3	
			X _{II}			2,07				36	4	
D ₂	Глины твердые красновато-коричневые с прослоями песчаника, песка	5	X _H	0,09	0,15	2,18	0,435	-0,49		28	128	38
			X _I			2,18±0,01				25	105	
			X _{II}			2,18±0,01				26	113	
D ₂	Глины твердые красновато-коричневые с прослоями песчаника, песка	6	X _H	0,13	0,18	2,13	0,517	-0,47		26	110	30
			X _I			2,13±0,02				21	76	
			X _{II}			2,13±0,01				23	89	

3.5 Гидрогеологические условия

Рассматриваемый район характеризуется наличием грунтовых вод типа «верховодка», напорных вод спорадического распространения, приуроченных к гнездам и линзам песка в моренных отложениях ИГЭ 2-3 и напорных вод, приуроченных к девонским пескам ИГЭ 4, 4а.

Кровля выдержанного горизонта напорных вод, приуроченного к девонским пескам ИГЭ 4, 4.1, залегает на глубинах от 4,6 до 10,5 м, на абсолютных отметках от 81,8 до 75,4 м. Пьезометрический уровень установился на глубинах 2,3-4,2 м, на абсолютных отметках 83,7-82,4 м, величина напоров составила 0,9-7,0 м.

Горизонт напорных вод спорадического распространения приурочен к гнездам и линзам песка в моренных отложениях ИГЭ 2-3 и встречен локально:

- в скважине 2050 на глубине 4,8 м, на абсолютной отметке 81,3 м. Пьезометрический уровень установился на глубине 4,1 м, на абсолютной отметке 82,0 м. Величина напора составила 0,7 м.
- в скважине 2054 на глубине 5,1 м, на абсолютной отметке 81,0 м. Пьезометрический уровень установился на глубине 3,8 м, на абсолютной отметке 82,3 м. Величина напора составила 1,3 м.
- в скважине 2062 на глубине 5,2 м, на абсолютной отметке 81,4 м. Пьезометрический уровень установился на глубине 4,9 м, на абсолютной отметке 81,7 м. Величина напора составила 0,3 м.

Таблицы анализов проб воды и результатов определения коррозионной агрессивности воды представлены в приложениях 4-5.

В соответствие с таблицами В.3 и В.4 СП 28.13330.2017 по отношению к бетону нормальной проницаемости грунтовые воды неагрессивны.

В соответствие с ГОСТ 9.602-2005 грунтовые воды характеризуются высокой коррозионной агрессивностью по отношению к свинцовой оболочке кабеля и средней коррозионной агрессивностью по отношению к алюминиевой оболочке кабеля.

В соответствие с таблицами В.3 и В.4 СП 28.13330.2017 по отношению к бетону нормальной проницаемости напорные воды неагрессивны.

3.6 Геологические и инженерно-геологические процессы

В гидрогеологическом отношении рассматриваемый участок характеризуется наличием грунтовых вод типа «верховодка», напорных вод спорадического распространения, приуроченных к гнездам и линзам песка в моренных отложениях ИГЭ 2-3 и напорных вод, приуроченных к девонским пескам ИГЭ 4-4,1.

Так как с поверхности залегают ледниковые супеси, являющиеся водоупором, в периоды обильного выпадения осадков возможно кратковременное появление грунтовых вод типа верховодки с максимальным положением уровня вблизи дневной поверхности на абс. отметках ~ 86,7-85,8 м.

Из современных неблагоприятных геологических процессов на участке строительства является подтопление, связанное с формированием верховодки в весенне-осенние периоды года (СП 11-105-97, ч. II, п. 8.1.1).

Как следствие, в соответствии с п. 5.4.8 СП 22.13330.2016 и прил. СП 11-105-97, часть II исследуемый участок относится к сезонно (ежегодно) подтапливаемым территориям (1-А-2).

Для нормальной эксплуатации сооружения необходимо обеспечить стабильность работы дренажной системы и гидроизоляцию подземных частей здания.

Благоприятным периодом для производства работ следует считать август-сентябрь - время наиболее низкого положения уровня грунтовых вод.

4 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

4.1 Расчет несущей способности сваи-стойки

Согласно техническому заданию для возведения гальванического цеха предусматривается использование свайного фундамента стоечного типа (свая-стойка). Проектируемая нагрузка на сваю составляет 250 тс.

Была рассчитана несущая способность сваи-стойки длиной 10 метров с квадратным сечением размерами 40х40 см. Основание фундамента – девонские твердые глины ИГЭ-5 (скв. № 2052) (Рис. 24).

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 сваи по формуле:

$$F_d = \gamma_c R A, \text{ где}$$

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

A – площадь опирания на грунт сваи, [м²], 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.

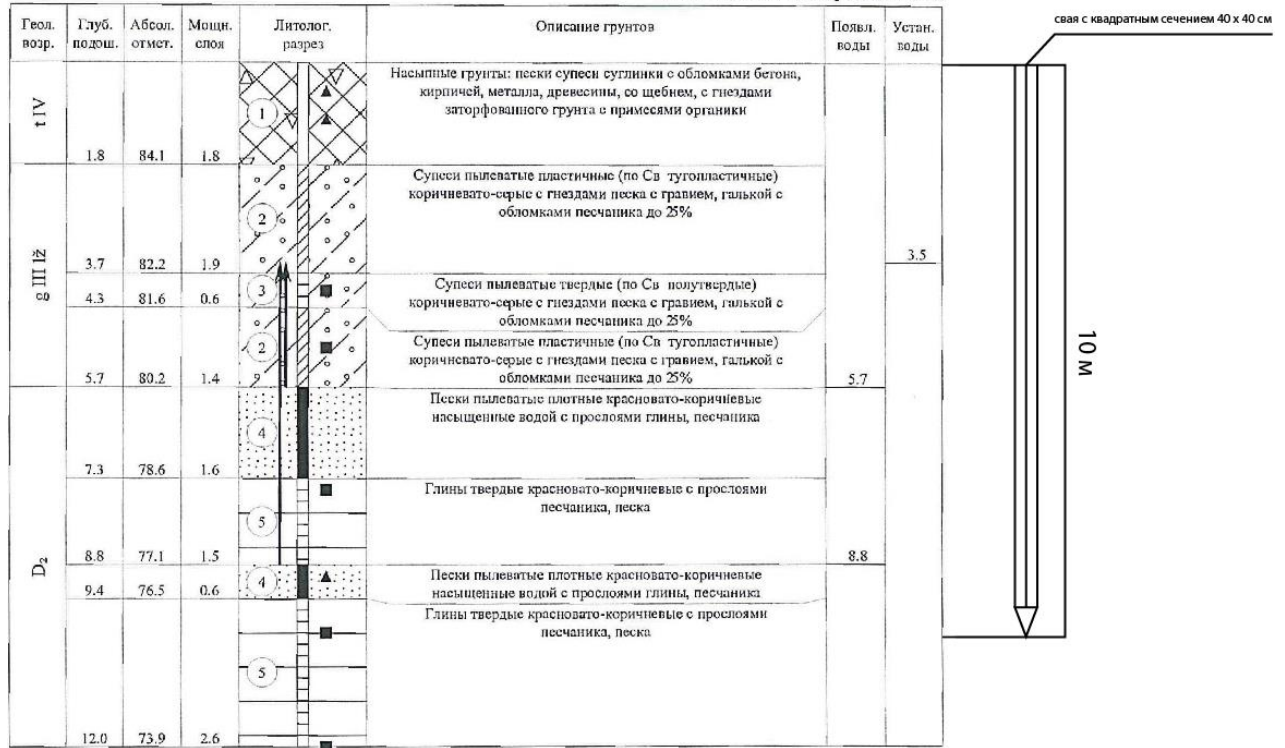
R – расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи-стойки, [кПа] или [тс/м²], следует принимать: для всех видов забивных свай, опирающихся на скальные и малосжимаемые грунты, $R = 20\,000$ кПа (2000 тс/м²) (СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты»).

Таким образом, для сваи-стойки с квадратным сечением 40 х 40 см, $\gamma_c = 1$, $R = 2000$ тс/м², $A = 0,4 \cdot 0,4 = 0,16$ м². Тогда:

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

Рассчитанное сопротивление грунтов основания под нижним концом сваи и соответственно ее несущая способность превышает проектируемую нагрузку сооружения на сваю.

Скважина: 2052
 Абсолютная отметка устья: 85.9м.



Масштаб: 1/100

Рисунок 24. Схема погружения сваи-стойки с квадратным сечением размером 40 x 40 см в грунт. Согласно разрезу по данным бурения скважины 2052, несущим слоем будет ИГЭ 5.

4.2 Расчет осадки ленточного фундамента методом послойного суммирования

По техническому заданию для проектируемого многоэтажного здания административного назначения предусматривается устройство ленточного фундамента с параметрами: условная ширина фундамента $b = 1,5$ м, глубина заложения фундамента $d = 1,8$ м. Удельная нагрузка $q = 2,5$ кгс/см². В качестве основания фундамента рассматриваются супеси пластичные ИГЭ-2.

Расчет осадки для производился методом послойного суммирования. В основе метода лежит определение осадок элементарных слоев основания в пределах сжимаемой толщи H_c от дополнительных вертикальных напряжений σ_{zp} , возникающих от нагрузок, передаваемых сооружением. Ниже глубины активной зоны напряжения от сооружения минимальны, в виду того, что грунт достаточно уплотнен. Поэтому ниже этой зоны осадки не рассчитываются.

Для определения глубины сжимаемой толщи H_c необходимо вычислить напряжения от собственного веса грунтов σ_{zg} и дополнительные от внешней нагрузки σ_{zp} . Нижняя граница сжимаемой толщи основания принимается на глубине $z = H_c$ от подошвы фундамента, где выполняется данное условие:

$$\sigma_{zp} = 0,2\sigma_{zg}, \text{ т.е.}$$

дополнительные напряжения должны составлять 20% от собственного веса грунта. Графически это выражается пересечением эпюр сжимающего напряжения от веса грунта, уменьшенной в 5 раз, и от веса сооружения. Затем сжимаемая толща H_c разбивается на элементарные слои толщиной $h_i \leq 0,4b$, для каждого из которых определяется осадка грунта по формуле:

$$S_i = \frac{\beta}{E_i} \sigma_{zp, i_{cp}} \cdot h_i, \text{ где}$$

β – безразмерный коэффициент, зависящий от коэффициента относительных поперечных деформаций, принимаемый равным 0,8;

h_i – высота i -го слоя, [м];

E_i – модуль деформации i -го слоя грунта [кПа];

$$\sigma_{zp,i_{cp}} = \frac{\sigma_{zp,i-1} + \sigma_{zp,i}}{2} - \text{среднее напряжение } i\text{-го элементарного слоя [кПа].}$$

Тогда полная осадка находится суммированием осадок всех элементарных слоев в пределах сжимаемой толщи по формуле:

$$S = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zp,i_{cp}} \cdot h_i}{E_i}, \text{ где}$$

n – количество слоев, на которые разбита сжимаемая толщина основания (Рис. 25).

В итоге общая осадка сравнивается с допустимой осадкой сооружения по СНиП 2.02.01-83*.

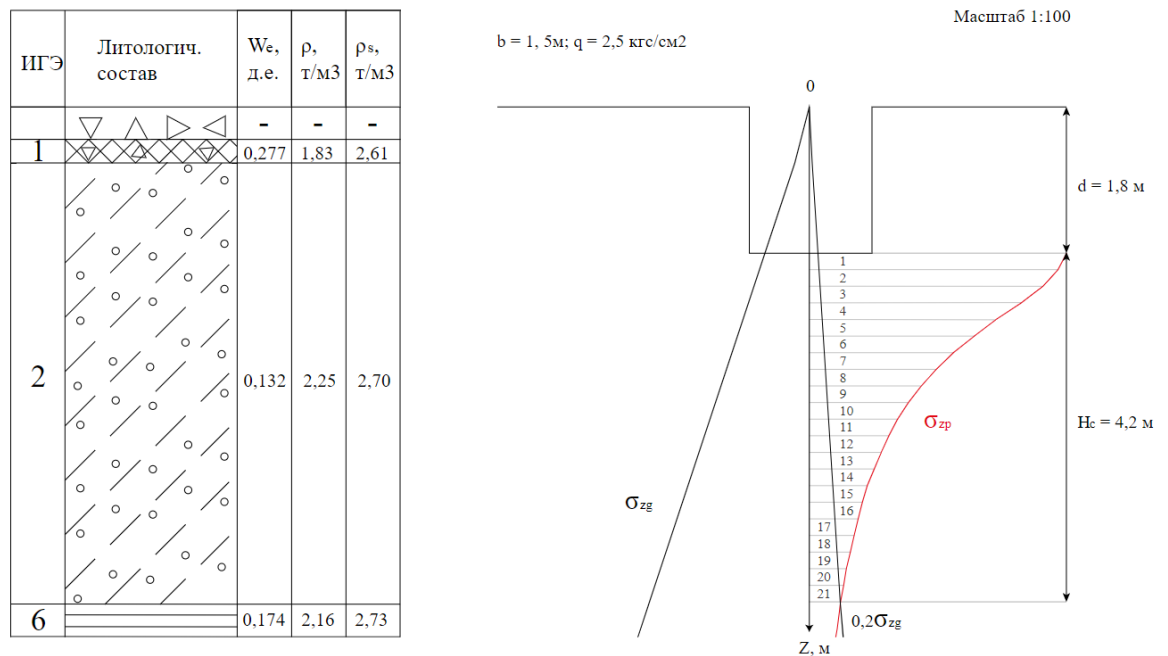


Рисунок 25. Расчетная схема осадки по скважине №2059

Расчет напряжений в массиве грунта производился по формуле:

$$\sigma = \gamma h, \text{ где}$$

γ – удельный вес грунта [кгс/м³] или [Н/м³];

h – мощность слоя [м].

При расчете напряжений не учитывалось влияние напорных вод, т.к. в скважине 2059 напорный горизонт фундаментом не будет вскрыт. Результаты расчетов представлены в таблице 18.

Расчет осадки ленточного фундамента

№	ИГЭ	h, м	H, м	z, м	$\zeta = 2z/b$	α	σ_{zg} , кПа	$0,2 \sigma_{zg}$, кПа	σ_{zp} , кПа	S, см
	2		1,8	0	0	1	36,81	7,36	208,36	
1	2	0,2	2	0,2	0,27	0,984	41,22	8,24	200,78	0,25
2	2	0,2	2,2	0,4	0,53	0,946	45,63	9,13	188,72	0,24
3	2	0,2	2,4	0,6	0,80	0,881	50,04	10,01	171,91	0,22
4	2	0,2	2,6	0,8	1,07	0,796	54,45	10,89	151,80	0,20
5	2	0,2	2,8	1	1,33	0,718	58,86	11,77	133,82	0,18
6	2	0,2	3	1,2	1,60	0,642	63,27	12,65	116,78	0,15
7	2	0,2	3,2	1,4	1,87	0,580	67,68	13,54	102,92	0,14
8	2	0,2	3,4	1,6	2,13	0,526	72,09	14,42	91,09	0,12
9	2	0,2	3,6	1,8	2,40	0,477	76,50	15,30	80,45	0,11
10	2	0,2	3,8	2	2,67	0,439	80,91	16,18	72,03	0,09
11	2	0,2	4	2,2	2,93	0,405	85,32	17,06	64,75	0,08
12	2	0,2	4,2	2,4	3,20	0,374	89,73	17,95	58,13	0,08
13	2	0,2	4,4	2,6	3,47	0,349	94,14	18,83	52,71	0,07
14	2	0,2	4,6	2,8	3,73	0,327	98,55	19,71	47,93	0,06
15	2	0,2	4,8	3	4,00	0,306	102,96	20,59	43,52	0,06
16	2	0,2	5	3,2	4,27	0,288	107,37	21,47	39,75	0,05
17	2	0,2	5,2	3,4	4,53	0,273	111,78	22,36	36,39	0,05
18	2	0,2	5,4	3,6	4,80	0,258	116,19	23,24	33,28	0,04
19	2	0,2	5,6	3,8	5,07	0,245	120,60	24,12	30,54	0,04
20	2	0,2	5,8	4	5,33	0,234	125,01	25,00	28,09	0,04
21	2	0,2	6	4,2	5,60	0,223	129,42	25,84	25,84	0,03

$$\sum S = 2,29 \text{ см}$$

Таким образом, расчетное значение осадки сооружения не превышает допустимое значение осадки по СНиП 2.02.01-83*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В геологическом строении исследуемой территории принимают участие современные техногенные, четвертичные биогенные и ледниковые отложения, а также среднедевонские пески.

2. В пределах участка изысканий по разрезам было выделено 8 ИГЭ, характеризующихся комплексом физико-механических характеристик.

3. В гидрогеологическом отношении участок работ характеризуется наличием грунтовых вод типа «верховодка», напорных вод спорадического распространения, приуроченных к гнездам и линзам песка в моренных отложениях, и напорных вод, приуроченных к среднедевонским пескам.

4. Результаты инженерно-геологических расчетов доказали целесообразность выбора двух типов фундамента для проектируемых сооружений.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ








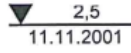
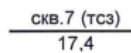
1. Филиппов, Н.Б. Геологический атлас Санкт-Петербурга / Филиппов, Н.Б., Спиридонов М.А. // СПб: Изд-во Комильфо. – 2009. – 57 с.
2. А. Нежиховский. Река Нева и Невская губа. Л., Гидрометеиздат, 1981. 112 стр.
3. Н.К. Снитко. Статическое и динамическое давление грунтов и расчет подпорных стен., ГОССТРОЙИЗДАТ, 1963
4. Санкт-Петербург: Энциклопедия. – М.: Российская политическая энциклопедия. 2006. стр. 371-372
5. Даринский А. В. География Ленинграда. Лениздат, 1982. 190 стр.
6. Кофман В.С., Селиванова В.А. Геология СССР. Том I. Ленинградская, Псковская и Новгородская области. Геологическое описание. Северо-Западное территориальное ГУ. «Недра», М., 1971 г. стр. 504.
7. Геоморфология и четвертичные отложения Северо-Запада Европейской части РСФСР. – Л.:Недра, 1969 г. 256 стр.
8. Можаяев Б. Н. Новейшая тектоника Северо-Запада Русской равнины. Недра, Ленинград, 1973 г., 232 стр.
9. Гидрогеология СССР. Том 3. Ленинградская, Псковская и Новгородская области. Недра, Москва, 1967 г. 325 стр.
10. ГОСТ 12248-2010 «Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости»
11. СНиП 2.03.11-85* «Защита строительных конструкций от коррозии»
СП 28.13330.2017
12. ГОСТ 9.602-2005 «Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии»
13. СП 11-105-97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства»
14. СНиП 2.02.01-83* «Основания зданий и сооружений»
СП 22.13330.2016
15. СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты»

16. Технический отчет об инженерно-геологических изысканиях для разработки проектной документации «Реконструкции и технического перевооружения ОАО «Завод Буревестник» со строительством гальванического цеха и очистных сооружений, участка литейного производства», Адрес: Ленинградская область, г. Гатчина, ул. Станционная, д. 7а
17. Официальный сайт Гатчинского муниципального района Ленинградской области [Электронный ресурс] // <http://radm.gtn.ru>
18. Google Maps [Электронный ресурс] // <http://maps.google.ru>
19. ФГБУ «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» [Электронный ресурс] // <http://www.meteo.nw.ru/articles/index.php?id=2>
20. Официальный сайт Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. Кафедра геологии и геоэкологии [Электронный ресурс] // <https://geoecology.nethouse.ru/page/157>

Условные обозначения и инженерно-геологический разрез

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

На инженерно-геологических разрезах и колонках скважин

-  - точка отбора образца грунта с ненарушенной структурой
-  - точка отбора образца грунта с нарушенной структурой
-  - точка отбора проб воды и грунтов на химический анализ
-  - номер инженерно-геологического элемента
-  - литологическая граница
-  - стратиграфическая граница
-  - высота подъема напорных вод в скважине
-  - уровень грунтовых вод на разрезе, м
11.11.2001 - дата замера
-  - имя выработки, для куста в скобках обозначение зондирования
17,4 - абсолютная отметка. м

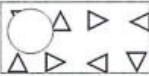





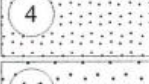
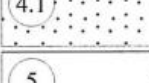
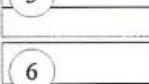

консистенция глинистых грунтов

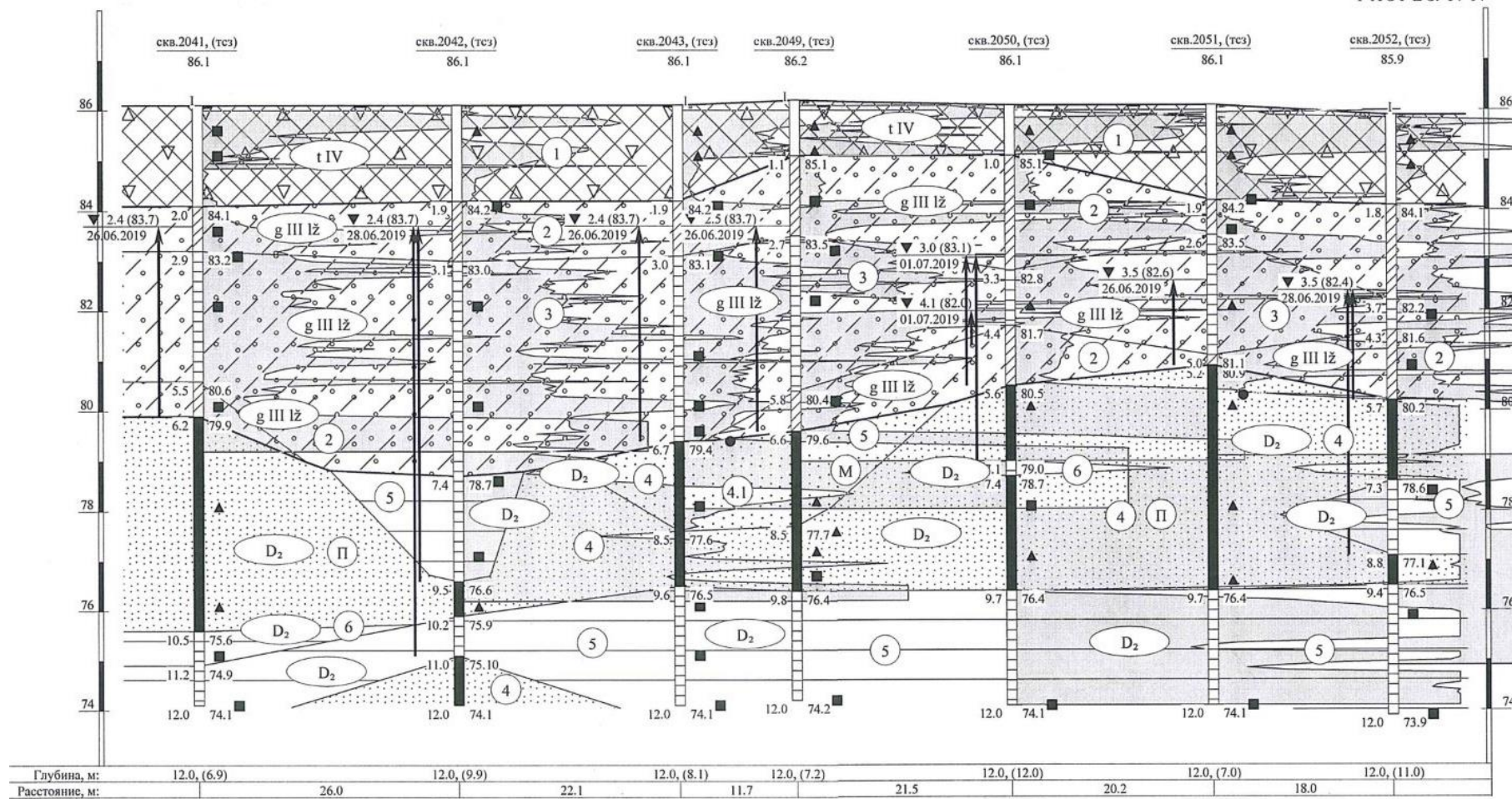
- | | | | | | |
|--|--|--|---|--|--|
|  |  |  |  |  |  |
| твердая | полутвердая | тугопластичная | пластичная | текучепластичная | текучая |

степень влажности несвязных грунтов

- | | | |
|---|--|---|
|  |  |  |
| маловлажный | влажный | насыщенный водой |

Легенда

		Асфальт
		Щебень
		Бетонная плита
	t IV	Насыпные грунты: пески супеси суглинки с обломками бетона, кирпичей, металла, древесины, со щебнем, с гнездами заторфованного грунта с примесями органики
	b IV	Торф среднеразложившийся буровато-коричневый влажный
	g III lž	Супеси пылеватые пластичные (по Св тугопластичные) коричневато-серые с гнездами песка с гравием, галькой с обломками песчаника до 25%
	g III lž	Супеси пылеватые твердые (по Св полутвердые) коричневато-серые с гнездами песка с гравием, галькой с обломками песчаника до 25%
	D ₂	Пески пылеватые плотные красновато-коричневые насыщенные водой с прослоями глины, песчаника
	D ₂	Пески мелкие плотные красновато-коричневые насыщенные водой с прослоями глины, песчаника
	D ₂	Глины твердые красновато-коричневые с прослоями песчаника, песка
	D ₂	Глины твердые красновато-коричневые с прослоями песчаника, песка



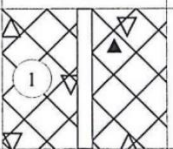

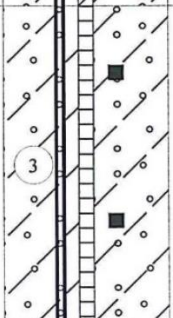

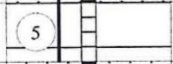

Масштаб вертикальный: 1/100
 Масштаб горизонтальный: 1/500

Инженерно-геологические колонки

Скважина: 2041
Абсолютная отметка устья: 86.1м.

Геол. возр.	Глуб. подош.	Абсол. отмет.	Мощн. слоя	Литолог. разрез	Описание грунтов	Появл. воды	Устан. воды
t IV	2.0	84.1	2.0		Насыпные грунты: пески супеси суглинки с обломками бетона, кирпичей, металла, древесины, со щебнем, с гнездами заторфованного грунта с примесями органики		
g III лз	2.9	83.2	0.9		Супеси пылеватые пластичные (по Св тугопластичные) коричневато-серые с гнездами песка с гравием, галькой с обломками песчаника до 25%		2.4
	5.5	80.6	2.6		Супеси пылеватые твердые (по Св полутвердые) коричневато-серые с гнездами песка с гравием, галькой с обломками песчаника до 25%		
	6.2	79.9	0.7		Супеси пылеватые пластичные (по Св тугопластичные) коричневато-серые с гнездами песка с гравием, галькой с обломками песчаника до 25%	6.2	
	10.5	75.6	4.3		Пески пылеватые плотные красновато-коричневые насыщенные водой с прослоями глины, песчаника		
D ₂	11.2	74.9	0.7		Глины твердые красновато-коричневые с прослоями песчаника, песка		
	12.0	74.1	0.8		Глины твердые красновато-коричневые с прослоями песчаника, песка		

Масштаб: 1/100

Геол. возр.	Глуб. подош.	Абсол. отмет.	Мощн. слоя	Литолог. разрез	Описание грунтов	Появл. воды	Устан. воды
t IV	1.9	84.2	1.9		Насыпные грунты: пески супеси суглинки с обломками бетона, кирпичей, металла, древесины, со щебнем, с гnezдами заторфованного грунта с примесью органики		
g III IZ	3.1	83.0	1.2		Супеси пылеватые пластичные (по Св тугопластичные) коричневато-серые с гnezдами песка с гравием, галькой с обломками песчаника до 25%		2.4
	7.4	78.7	4.3		Супеси пылеватые твердые (по Св полутвердые) коричневато-серые с гnezдами песка с гравием, галькой с обломками песчаника до 25%		
D ₂	9.5	76.6	2.1		Глины твердые красновато-коричневые с прослоями песчаника, песка		9.5
	10.2	75.9	0.7		Пески пылеватые плотные красновато-коричневые насыщенные водой с прослоями глины, песчаника		
	11.0	75.1	0.8		Глины твердые красновато-коричневые с прослоями песчаника, песка		11.0
	12.0	74.1	1.0		Пески пылеватые плотные красновато-коричневые насыщенные водой с прослоями глины, песчаника		

Масштаб: 1/100

Геол. возр.	Глуб. подош.	Абсол. отмет.	Мощн. слоя	Литолог. разрез	Описание грунтов	Появл. воды	Устан. воды
t IV	1.9	84.2	1.9		Насыпные грунты: пески супеси суглинки с обломками бетона, кирпичей, металла, древесины, со щебнем, с гнездами заторфованного грунта с примесями органики		
g III lz	3.0	83.1	1.1		Супеси пылеватые пластичные (по Св тугопластичные) коричневато-серые с гнездами песка с гравием, галькой с обломками песчаника до 25%		2.4
	6.7	79.4	3.7		Супеси пылеватые твердые (по Св полутвердые) коричневато-серые с гнездами песка с гравием, галькой с обломками песчаника до 25%		6.7
D ₂	8.5	77.6	1.8		Пески мелкие плотные красновато-коричневые насыщенные водой с прослоями глины, песчаника		
	9.6	76.5	1.1		Пески пылеватые плотные красновато-коричневые насыщенные водой с прослоями глины, песчаника		
	12.0	74.1	2.4		Глины твердые красновато-коричневые с прослоями песчаника, песка		

Масштаб: 1/100

Геол. возр.	Глуб. подош.	Абсол. отмет.	Мощн. слоя	Литолог. разрез	Описание грунтов	Появл. воды	Устан. воды
t IV	1.1	85.1	1.1		Насыпные грунты: пески супеси суглинки с обломками бетона, кирпичей, металла, древесины, со щебнем, с гнездами заторфованного грунта с примесью органики		
g III 1ž	2.7	83.5	1.6		Супеси пылеватые пластичные (по Св тугопластичные) коричневатого-серые с гнездами песка с гравием, галькой с обломками песчаника до 25%		2.5
	5.8	80.4	3.1		Супеси пылеватые твердые (по Св полутвердые) коричневатого-серые с гнездами песка с гравием, галькой с обломками песчаника до 25%		
	6.6	79.6	0.8		Супеси пылеватые пластичные (по Св тугопластичные) коричневатого-серые с гнездами песка с гравием, галькой с обломками песчаника до 25%	6.6	
	8.5	77.7	1.9		Пески мелкие плотные красновато-коричневые насыщенные водой с прослоями глины, песчаника		
D ₂	9.8	76.4	1.3		Пески пылеватые плотные красновато-коричневые насыщенные водой с прослоями глины, песчаника		
					Глины твердые красновато-коричневые с прослоями песчаника, песка		
	12.0	74.2	2.2				

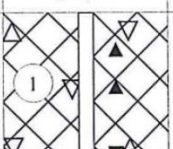


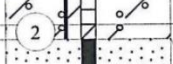
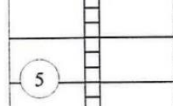
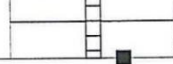
Масштаб: 1/100

Скважина: 2050
 Абсолютная отметка устья: 86.1м.

Геол. возр.	Глуб. подош.	Абсол. отмет.	Мощн. слоя	Литолог. разрез	Описание грунтов	Появл. воды	Устан. воды
t IV	1.0	85.1	1.0		Насыпные грунты: пески супеси суглинки с обломками бетона, кирпичей, металла, древесины, со щебнем, с гнездами заторфованного грунта с примесями органики		
g III лз	3.3	82.8	2.3		Супеси пылеватые пластичные (по Св тугопластичные) коричневато-серые с гнездами песка с гравием, галькой с обломками песчаника до 25%		3.0
	4.4	81.7	1.1		Супеси пылеватые твердые (по Св полутвердые) коричневато-серые с гнездами песка с гравием, галькой с обломками песчаника до 25%		4.1
	5.6	80.5	1.2		Супеси пылеватые пластичные (по Св тугопластичные) коричневато-серые с гнездами песка с гравием, галькой с обломками песчаника до 25%	4.8	
					Супеси пылеватые плотные красновато-коричневые насыщенные водой с прослоями глины, песчаника	5.6	
D ₂	7.1	79.0	1.5		Глины твердые красновато-коричневые с прослоями песчаника, песка	7.4	
	7.4	78.7	0.3				
					Пески пылеватые плотные красновато-коричневые насыщенные водой с прослоями глины, песчаника		
	9.7	76.4	2.3		Глины твердые красновато-коричневые с прослоями песчаника, песка		
	12.0	74.1	2.3				

Масштаб: 1/100

Скважина: 2051
 Абсолютная отметка устья: 86.1м.

Геол. возр.	Глуб. подош.	Абсол. отмет.	Мощн. слоя	Литолог. разрез	Описание грунтов	Появл. воды	Устан. воды
t IV	1.9	84.2	1.9		Насыпные грунты: пески супеси суглинки с обломками бетона, кирпичей, металла, древесины, со щебнем, с гнездами заторфованного грунта с примесью органики		
	2.6	83.5	0.7		Супеси пылеватые пластичные (по Св тугопластичные) коричневатого-серые с гнездами песка с гравием, галькой с обломками песчаника до 25%		
g III лž	5.0	81.1	2.4		Супеси пылеватые твердые (по Св полутвердые) коричневатого-серые с гнездами песка с гравием, галькой с обломками песчаника до 25%		3.5
	5.2	80.9	0.2		Супеси пылеватые пластичные (по Св тугопластичные) коричневатого-серые с гнездами песка с гравием, галькой с обломками песчаника до 25%	5.2	
D ₂	9.7	76.4	4.5		Пески пылеватые плотные красновато-коричневые насыщенные водой с прослоями глины, песчаника		
					Глины твердые красновато-коричневые с прослоями песчаника, песка		
	12.0	74.1	2.3				

Масштаб: 1/100

Геол. возр.	Глуб. подош.	Абсол. отмет.	Мощн. слоя	Литолог. разрез	Описание грунтов	Появл. воды	Устан. воды
t IV	1.8	84.1	1.8		Насыпные грунты: пески супеси суглинки с обломками бетона, кирпичей, металла, древесины, со щебнем, с гнездами заторфованного грунта с примесью органики		
g III IZ	3.7	82.2	1.9		Супеси пылеватые пластичные (по Св тугопластичные) коричневато-серые с гнездами песка с гравием, галькой с обломками песчаника до 25%		3.5
	4.3	81.6	0.6		Супеси пылеватые твердые (по Св полутвердые) коричневато-серые с гнездами песка с гравием, галькой с обломками песчаника до 25%		
	5.7	80.2	1.4		Супеси пылеватые пластичные (по Св тугопластичные) коричневато-серые с гнездами песка с гравием, галькой с обломками песчаника до 25%	5.7	
D ₂	7.3	78.6	1.6		Пески пылеватые плотные красновато-коричневые насыщенные водой с прослоями глины, песчаника		
					Глины твердые красновато-коричневые с прослоями песчаника, песка		
	8.8	77.1	1.5		Пески пылеватые плотные красновато-коричневые насыщенные водой с прослоями глины, песчаника	8.8	
	9.4	76.5	0.6		Глины твердые красновато-коричневые с прослоями песчаника, песка		
	12.0	73.9	2.6				

Масштаб: 1/100

Геол. возр.	Глуб. подош.	Абсол. отмет.	Мощн. слоя	Литолог. разрез	Описание грунтов	Появл. воды	Устан. воды
	0.4	85.6	0.4		Щебень		
t IV	0.7	85.3	0.3	1	Насыпные грунты: пески супеси суглинки с обломками бетона, кирпичей, металла, древесины, со щебнем, с гнездами заторфованного грунта с примесью органики		
g III 1ž				2	Супеси пылеватые пластичные (по Св тугопластичные) коричневато-серые с гнездами песка с гравием, галькой с обломками песчаника до 25%		3.5
	6.1	79.9	5.4				
D ₂	6.5	79.5	0.4	6	Глины твердые красновато-коричневые с прослоями песчаника, песка	6.5	
	7.5	78.5	1.0	4	Пески пылеватые плотные красновато-коричневые насыщенные водой с прослоями глины, песчаника		
	8.5	77.5	1.0	4.1	Пески мелкие плотные красновато-коричневые насыщенные водой с прослоями глины, песчаника		
				4	Пески пылеватые плотные красновато-коричневые насыщенные водой с прослоями глины, песчаника		
	12.0	74.0	3.5				

Масштаб: 1/100

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

№ геологич. выработок	Глубина отбора проб, м	Показатель (над чертой) и степень (под чертой) коррозионной агрессивности по отношению к							
		бетону	свинцовой оболочке			алюминиевой оболочке			арматуре в ж/б конструкциях
		SO ₄ , мг/кг	pH	гумус, %	NO ₃ , %	pH	Cl, %	Fe общ, %	Cl, мг/кг
2041	1,0	4,8	8,50	0,0077	0,0002	8,50	0,0030	0,0005	30
		неагрес	средняя	низкая	средняя	средняя	средняя	низкая	неагрес
2041	2,0	4,8	8,70	0,0040	0,0001	8,70	0,0023	0,0002	23
		неагрес	средняя	низкая	низкая	высокая	средняя	низкая	неагрес
2054	1,0	7,2	8,90	0,0031	0,0001	8,90	0,0017	0,0012	17
		неагрес	средняя	низкая	средняя	высокая	средняя	низкая	неагрес
2054	2,0	4,8	8,90	0,0053	0,0001	8,90	0,0024	0,0002	24
		неагрес	средняя	низкая	средняя	высокая	средняя	низкая	неагрес
2061	1,8	7,2	8,20	0,0149	0,0004	8,20	0,0031	0,0006	31
		неагрес	средняя	средняя	средняя	средняя	средняя	низкая	неагрес

Результаты химического анализа проб воды

Элементы анализа	Выработка № 2039 Глуб. взятия 2.7 м			Выработка № 2041 Глуб. взятия 6.2 м			Выработка № 2043 Глуб. взятия 6.7 м			Выработка № 2051 Глуб. взятия 5.8 м		
	мг/дм ³	мг-экв/дм ³	% экв	мг/дм ³	мг-экв/дм ³	% экв	мг/дм ³	мг-экв/дм ³	% экв	мг/дм ³	мг-экв/дм ³	% экв
Ca ²⁺	24,8	1,24	51,55	53,3	2,66	46,51	85,4	4,26	45,46	82,2	4,10	53,98
Mg ²⁺	3,2	0,26	10,96	22,1	1,82	31,78	47,4	3,90	41,58	42,4	3,49	45,89
K+Na	20,7	0,90	37,49	28,5	1,24	21,67	27,9	1,21	12,94	0,2	0,01	0,11
NH ₄ ⁺	отс.			отс.			отс.			отс.		
Сумма	48,7	2,40	100,00	103,9	5,72	100,00	160,7	9,37	100,00	124,8	7,60	100,00
SO ₄ ²⁻	33,1	0,69	28,70	30,2	0,63	11,00	52,3	1,09	11,62	23,0	0,48	6,30
Cl ⁻	17,4	0,49	20,44	17,0	0,48	8,38	75,0	2,12	22,56	14,2	0,40	5,27
HCO ₃ ⁻	74,4	1,22	50,79	281,3	4,61	80,62	376,5	6,17	65,82	403,9	6,62	87,11
CO ₃ ²⁻	отс.			отс.			отс.			3,0	0,10	1,32
NO ₂ ⁻	отс.			отс.			отс.			отс.		
NO ₃ ⁻	0,1	0,00	0,07	отс.			отс.			отс.		
Сумма	125,0	2,40	100,00	328,5	5,72	100,0	503,8	9,37	100,00	444,1	7,60	100,0
Сухой остаток	158,0			322,0			520,0			398,0		
Минеральный остаток	137,4			292,4			476,8			367,5		
Потери при прокаливании	отс.			отс.			отс.			отс.		
Жесткость общая (град.)	4,2			12,5			22,8			21,2		
карбонатная	3,4			12,5			17,3			18,5		
некарбонатная	0,8			отс.			5,5			2,7		
Fe ²⁺ + Fe ³⁺	0,9			0,6			0,5			0,5		
Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃	отс.			отс.			отс.			отс.		
H ₂ S	отс.			отс.			отс.			отс.		
Окисляемость мг O ₂ /л	17,3			отс.			отс.			отс.		
CO ₂ свободная	отс.			отс.			отс.			отс.		
CO ₂ агрессивная	2,6			9,6			отс.			отс.		
pH	8,00			8,20			7,80			8,40		
Гумус	11,2			отс.			отс.			отс.		

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

№ геол. выруб.	Глуб. отбора проб, м	K _f , м/сут	Показатель (над чертой) и степень (под чертой)										
			агрессивности грунтовых вод по отношению к бетону				коррозионной агрессивности по отношению к оболочке						
			HCO ₃ , мг.э./дм ³	pH	агр. CO ₂ , мг/дм ³	SO ₄ , мг/дм ³	свинцовой				алюминиевой		
pH	общая жестк., мг.э./дм ³	гумус, мг/дм ³					NO ₃ , мг/дм ³	pH	Cl, мг/дм ³	Fe общ., мг/дм ³			
1. Грунтовые со свободной поверхностью													
2039	2,7	> 0,1	1,2	8,00	2,6	33,1	8,00	1,5	11,2	0,1	8,00	17,4	0,9
			неагрес	неагрес	неагрес	неагрес	средняя	высокая	низкая	низкая	средняя	средняя	низкая
2040	2,3	> 0,1	1,2	8,00	2,5	32,2	8,00	1,5	12,0	0,1	8,00	18,2	0,9
			неагрес	неагрес	неагрес	неагрес	средняя	высокая	низкая	низкая	средняя	средняя	низкая
2. Напорные воды													
2041	6,2	> 0,1	4,6	8,20	9,6	30,2							
			неагрес	неагрес	неагрес	неагрес							
2043	6,7	> 0,1	6,2	7,80	отс.	52,3							
			неагрес	неагрес		неагрес							
2046	5,9	> 0,1	6,9	8,20	отс.	18,7							
			неагрес	неагрес		неагрес							
2051	5,8	> 0,1	6,6	8,40	отс.	23,0							
			неагрес	неагрес		неагрес							
2056	5	> 0,1	3,1	8,50	отс.	30,2							
			неагрес	неагрес		неагрес							
2059	3,5	> 0,1	6,3	8,10	отс.	22,1							
			неагрес	неагрес		неагрес							