

Санкт-Петербургский государственный университет

***ЧУМАКОВА Надежда Павловна***

**Выпускная квалификационная работа**

***Инженерно-геологические условия участка строительства  
многоквартирного жилого дома, расположенного в Ломоносовском районе  
Ленинградской области***

Уровень образования:

Направление 05.03.01 «Геология»

Основная образовательная программа СВ.5018 «Геология»

Научный руководитель: доцент каф.  
гидрогеологии и инженерной геологии,  
канд. г-м н.  
Бурлуцкий Станислав Борисович

Рецензент: начальник испытательной  
грунтовой лаборатории ОАО Трест ГРИИ  
Семенова Лариса Константиновна

Санкт-Петербург

2023 г

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ .....	4
1.1 Географическое положение.....	4
1.2 Рельеф.....	5
1.3 Гидрография .....	7
1.4 Климат .....	9
ГЛАВА 2. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ .....	11
2.1 Геологические условия.....	11
2.1.1 Стратиграфия.....	11
2.1.2 Новейшая тектоника .....	19
2.2 Гидрогеологические условия .....	21
ГЛАВА 3. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ УЧАСТКА РАБОТ .....	27
3.1 Местоположение и климат .....	27
3.2 Геоморфология и рельеф.....	27
3.3 Геологическое строение участка работ.....	28
3.4 Физико-механические свойства грунтов .....	30
3.5 Гидрогеологические условия .....	49
3.6 Геологические и инженерно-геологические процессы и явления.....	49
ГЛАВА 4. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЁТЫ.....	51
4.1 Расчёт осадки плитного фундамента методом послойного суммирования .....	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	56
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	57
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	60
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	61
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.....	62
ПРИЛОЖЕНИЕ 4.....	64
ПРИЛОЖЕНИЕ 5.....	65
ПРИЛОЖЕНИЕ 6.....	66

## ВВЕДЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе рассматриваются инженерно-геологические условия участка строительства многоквартирного многоэтажного жилого дома, расположенного в Ленинградской области, Ломоносовском районе, МО «Аннинское сельское поселение», п. Новоселье, участок № 13.

Целью работы является изучение геологических, инженерно-геологических и гидрогеологических условий для строительства здания многоквартирного жилого дома в Ломоносовском районе Ленинградской области.

Дипломная работа выполнена автором по результатам прохождения производственной практики в компании ЗАО «ЛенТИСИЗ» в июле 2022 года.

В состав инженерно-геологических изысканий входило прохождение разведочных инженерно-геологических выработок, отбор грунта ненарушенного и нарушенного строения, построение инженерно-геологических карт и разрезов с выделением инженерно-геологических элементов и определение полного комплекса физико-механических свойств образцов; проведение гидрогеологических работ: определение химического состава подземных вод, гидрогеологическое опробование, отбор проб для определения коррозионной активности. Для уточнения границ геологического разреза, его детализации и предварительной оценки физико-механических свойств грунтов на площадке предполагаемого строительства было проведено статическое зондирование.

На заключительном этапе проведенных исследований была дана характеристика инженерно-геологических условий участка предполагаемого строительства многоквартирного жилого дома и проведены инженерно-геологические расчеты.

Автор принимал участие в лабораторных исследованиях, камеральной обработке материала и написании технического отчёта по результатам инженерно-геологических изысканий.

# ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

## 1.1 Географическое положение

Объект исследований расположен в Ленинградской области в Ломоносовском районе, МО «Аннинское сельское поселение», п. Новоселье, участок №13. Ломоносовский район находится в юго-западной части Ленинградской области, которая в свою очередь расположена в северо-западной части Российской Федерации и является субъектом Северо-Западного федерального округа (рисунок 1).

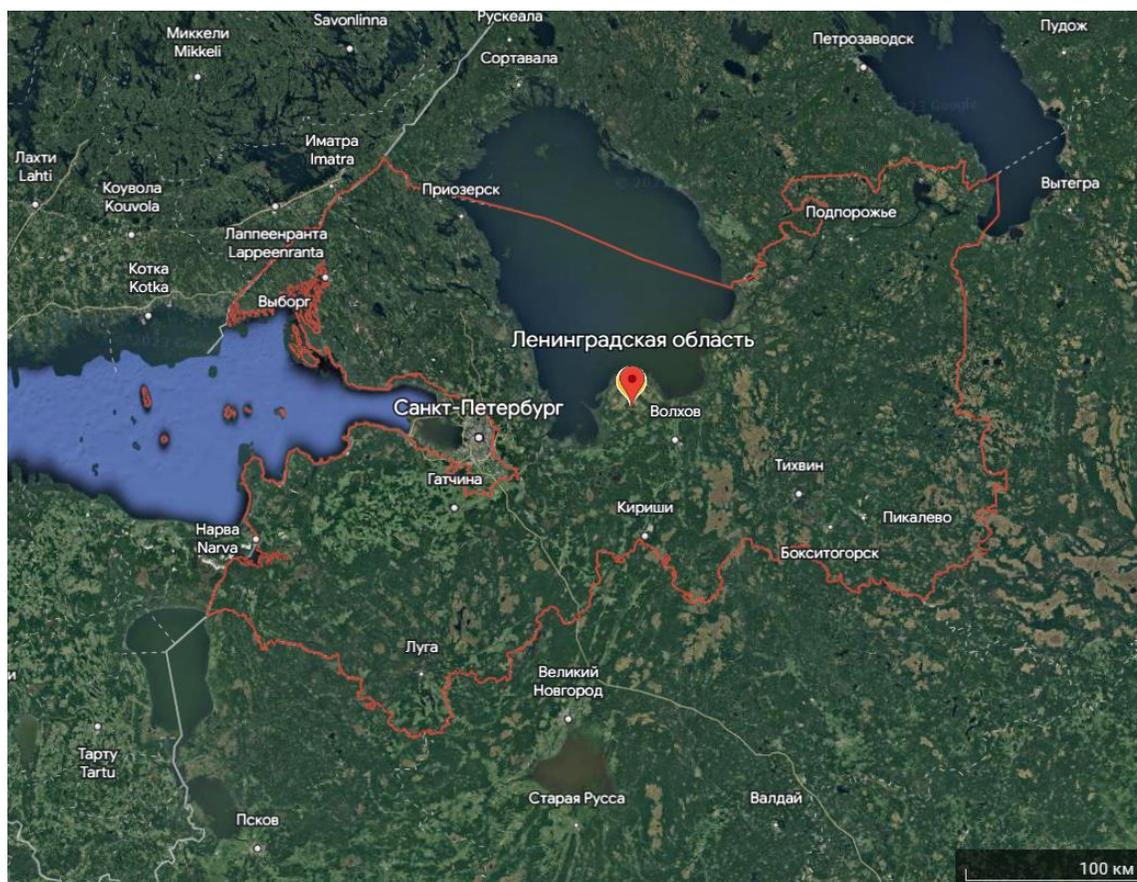


Рисунок 1 Физическая карта Ленинградской области (Google Earth)

Посёлок Новоселье является административным центром Аннинского городского поселения и расположен в северо-восточной части Ломоносовского района (рисунок 2), в 21 км к юго-востоку от города Ломоносов и в 4,2 км к северу от посёлка Аннино (Администрация МО Аннинское городское поселение). Численность населения посёлка на 01.05.2023 год составляет 4 551 человека (Население городского посёлка Новоселье Ломоносовского района Ленинградской области).

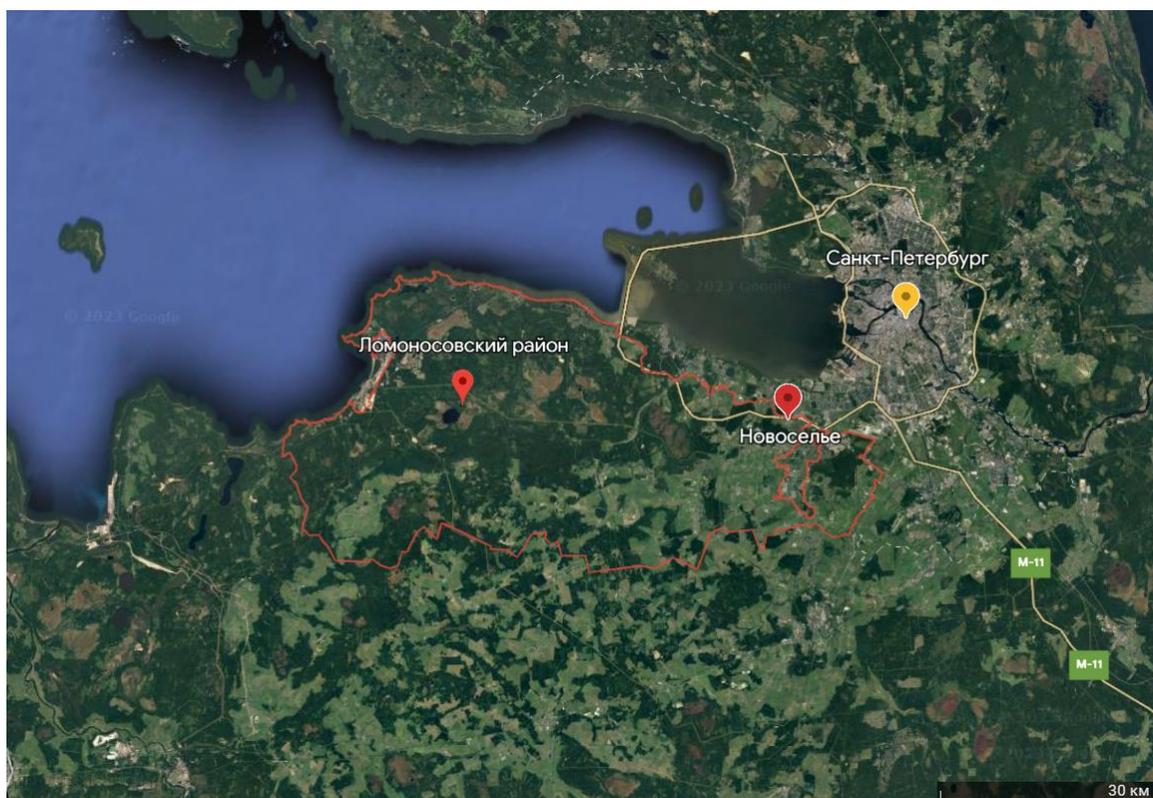


Рисунок 2 Физическая карта Ломоносовского района и п. Новоселье (Google Earth)

## 1.2 Рельеф

Ленинградская область характеризуется равнинным рельефом с незначительными абсолютными высотами. Главная особенность данного региона – наличие таких тектонических структур, как Русская плита и Балтийский кристаллический щит.

Кристаллический фундамент выходит на дневную поверхность в пределах Карельского перешейка. Данная территория характеризуется своеобразным тектоническим рельефом, соответствующим горстам и грабенам, с северо-западной ориентировкой всех его форм. Расчленённость холмисто-рядового рельефа уменьшается к югу провинции.

Большую часть Ленинградской области занимает Русская плита, которую можно разделить на несколько областей: Балтийско-Ладожская, Лужско-Волховско-Свирская и Валдайская (рисунок 3).



Рисунок 3 Орографическая схема Ленинградской области (Бурение скважин на воду в Ломоносовском районе Ленинградской области)

Балтийско-Ладожская область представлена равнинным рельефом в виде комплекса террас, указывающих на уровни понижения водоёмов. Среди них выделяется первая терраса Литоринового моря вдоль побережья Финского залива, представляющая собой почти плоскую аккумулятивную озёрно-ледниковую равнину. В сравнении с этим, наблюдаются озы и ледораздел – Лемболовская возвышенность, в южных частях которой выделяются камовые террасы. Южная граница области представляет собой древний структурно-денудационный уступ – Балтийско-Ладожский Глинт.

Лужско-Волховско-Свирская область представлена моренными равнинами с чехлом ледниковых отложений. Пологим желобом представлена Волховская низменность, озёрно-ледниковыми равнинами – Тихвинская и Лужская низменности. На территории всей области можно наблюдать эрратические валуны, принесённые ледником с Балтийского кристаллического щита. Также встречаются камы в виде песчаных холмов. На севере в Глинт врезаны заливообразные ложбины, являющиеся продуктом ледникового

выпахивания. Около одной из ложбин располагается, по-видимому, дислокация (точное происхождение ещё неизвестно), именуемая Дудергофскими высотами. Также наблюдается глициодислокация в виде Келколовой горы.

Валдайская область представляет собой холмистый рельеф. Выделяется Вепсовская возвышенность и Тихвинская гряда. Наблюдаются моренные холмы и гряды, камы и озы в зоне краевых ледниковых образований. На территории Тихвинской гряды развит карстовый рельеф благодаря близко залегающим к поверхности известнякам. В южной части области широкое распространение зандров, наклонённых в противоположную сторону бывшего края ледника.

### 1.3 Гидрография

Территория Ленинградской области характеризуется хорошо развитой гидрографической сетью, принадлежащей в основном к бассейну Балтийского моря и которая представлена многочисленными реками, озёрами и болотами.

Густая неравномерно развитая речная сеть (от 20 до 60 км на каждые 100 км<sup>2</sup> площади), множество разнообразных озёр, многочисленные болота – всё это создает картину изобилия поверхностных вод, которая в свою очередь отличает территорию тем, что под водную её поверхность занято около 9%. Поверхностными водами беден только район Тихвинской гряды, где карстующиеся известняки создали условия благоприятные для инфильтрации атмосферных осадков. Питание водоёмов происходит в основном за счёт дождей, талых снеговых вод и подземных вод. (Гидрогеология СССР, 1967).

Водоразделы располагаются близ базисов эрозии – Балтийского моря и крупных озёр, что обуславливает значительные падения рек. В долинах рек наблюдается одна-две надпойменные террасы, а также большинство из рек не имеют выработанного профиля – всё это указывает на начальную стадию развития гидрографической сети.

В долинах крупнейших рек, берущих начала на водораздельных возвышенностях, можно выделить 3 характерных участка: верхнего, среднего и нижнего течения (Гидрогеология СССР, 1967).

В верхнем течении реки врезаются неглубоко и имеют низкие заболоченные берега, узкое извилистое русло, небольшую глубину и медленное течение. Преимущественно питание рек за счёт болотных вод и атмосферных осадков. Всё глубже врезаются реки в подстилающие породы по мере продвижения к склонам водораздела. В средней части

преобладает глубинная эрозия, характеризующаяся узкой долиной с высокими крутыми склонами, порогами и перекатами в русле и быстрым течением. На участках пересечения с Глинтом, Карбоновым уступом, повышенными участками Девонской равнины особенно глубоко врезаны долины, на них обычно осуществляется интенсивное дренирование вскрытых долинами водоносных горизонтов. В нижнем течении, на выходе их на Приильменскую, Чудско-Псковскую и Предглинтовую низины, реки приобретают равнинный характер с небольшим падением, слабым течением, значительной глубиной, и широкими неглубоко врезанными долинами (Гидрогеология СССР, 1967).

В сезонном распределении стока и уровненом режиме для большинства рек отмечается два максимума (весенний и осенний паводки) и два минимума (летняя и зимняя межень). Самые крупные реки – Нева, Свирь, Волхов, Нарва, вытекающие из озёр. (Гидрогеология СССР, 1967).

По характеру питания и режима реки можно разделить на четыре группы: приуроченные преимущественно к низинам (Мга, Тосна и др.), расположенные на холмистых возвышенностях и холмистых равнинах (Луга, Ордеж и др.), берущие начало в больших озёрах (Нева, Свирь, Волхов, Нарва) и реки карстовых районов (так называемые «малые реки» южного побережья Финского залива, верховья р. Ордеж, реки, берущие начало на Карбонном плато) (Гидрогеология СССР, 1967).

Все озёра на территории можно разделить на 3 группы. В первую отнесены наиболее крупные озёра структурно-тектонического происхождения – Ладожское, Онежское, Чудское, во вторую – преобладающее большинство средних и мелких озёр ледникового происхождения, в третью – озёра карстового происхождения, приуроченные к Карбонному плато ((Гидрогеология СССР, 1967).

В уровненом режиме озёр также выделяются два максимума (весенний и осенний) и два минимума (летний и зимний). Весенний максимум обусловлен стоком талых вод с водосборной площади озера, осенний – стоком дождевых вод. Минимальные летние уровни наступают обычно после весеннего половодья, а годовые уровни отмечаются зимой под ледяным покровом. На уровненый режим озёр большое влияние оказывают местные физико-географические условия (Гидрогеология СССР, 1967).

Преобладание осадков над испарением, слабо расчленённый, преимущественно равнинный рельеф, наличие впадин, слабоводопроницаемые грунты – всё это обусловило широкое развитие процессов заболачивания. Средняя заболоченность рассматриваемой

территории достигает 30%. Заторфованность в разных районах изменяется от 2 до 40%. Свыше 50% общей площади болот представлено крупными болотными массивами – с площадью выше 1000 га (Гидрогеология СССР, 1967).

#### 1.4 Климат

Ленинградская область относится к зоне умеренного климата, переходного от океанического к континентальному, с умеренно мягкой зимой и умеренно теплым летом. Особенность климата – частая смена воздушных масс, подразделяющихся на морские, континентальные и арктические. Морские воздушные массы поступают с запада, юго-запада или северо-запада при перемещении через северо-западные районы России атлантических циклонов. Циклоны приносят пасмурную, ветреную погоду и осадки и являются причиной резких потеплений зимой, а летом, наоборот, похолоданий. Сухой континентальный воздух входит с востока, юга или юго-востока. В сформировавшихся в этих воздушных массах антициклонах – малооблачная и сухая погода, летом жаркая, а зимой холодная. С севера и северо-востока, главным образом со стороны Карского моря, приходит сухой и всегда очень холодный арктический воздух, формирующийся надо льдом, сопровождающийся наступлением ясной погоды и резким понижением температуры воздуха. Разнообразие синоптических процессов и частая смена воздушных масс являются причиной больших межсуточных колебаний метеопараметров (ФГБУ Северо-Западное УГМС).

Особенность Ленинградской области – неоднородность погодных условий по территории, в виду большой протяженности области с запада на восток, разнообразия ландшафта и близости крупных водоёмов (Финский залив, Ладожское и Онежское озёра). Также из неблагоприятных факторов на территории наблюдаются практически все опасные метеорологические явления: сильные ветры, в т.ч. шквалы и смерчи, снегопады и метели, гололед, туман, сильные морозы и жара, кратковременные интенсивные ливни и продолжительные дожди, грозы, град, лесные пожары, засуха и наводнения (ФГБУ «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (ФГБУ Северо-Западное УГМС).

По данным за период 1991-2020 гг. средняя годовая температура воздуха в Санкт-Петербурге составляет 6,3°C, в западных районах области – 4,8-6°C, в восточных – 3,7-4,8°C. Среднее многолетнее число дней в году со среднесуточной температурой выше 0°C

в Санкт-Петербурге составляет 246 дней. Самый холодный месяц – февраль со среднемесячной температурой до -8,3°C (Ефимовская, Винницы), самый тёплый месяц – июль со средней температурой до 18,5°C (Выборг). Годовое количество осадков – от 632 мм (Ломоносов) до 796 мм (Людейное Поле) (ФГБУ Северо-Западное УГМС).

Средняя месячная и годовая температуры воздуха Ленинградской области, °С, приведены в таблице 1 (СП 131.13330.2020).

Таблица 1 Средняя месячная и годовая температуры воздуха Ленинградской области, °С

Республика, край, автономный округ, область, пункт	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
<b>Ленинградская область</b>													
Выборг	-7,7	-7,6	-3,0	2,8	10,2	15,2	18,1	16,3	10,9	5,1	0,0	-4,3	4,7
Новая Ладога	-8,2	-7,6	-2,6	3,8	10,5	15,2	17,8	16,1	10,9	5,0	-0,6	-4,9	4,7
<b>Санкт-Петербург</b>	-6,5	-6,1	-1,4	4,6	11,3	15,8	18,6	16,9	11,6	5,8	0,5	-3,6	5,6
Тихвин	-9,2	-8,1	-2,7	3,8	10,7	15,1	17,4	15,3	9,9	4,0	-1,6	-6,1	4,0

## ГЛАВА 2. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

### 2.1 Геологические условия

#### 2.1.1 Стратиграфия

Восточно-Европейская, или Русская платформа включает древний (более 1650 млн лет), дорифейский (карельский) складчатый кристаллический фундамент, который выступает на северо-западе (Балтийский щит) и юго-западе (Украинский щит) платформы. На остальной большей по размерам площади, выделяемой под названием собственно Русской плиты, фундамент покрыт почти горизонтальным чехлом рифей-фанерозойских осадочных отложений (Бискэ, 2019).

Докембрийский кристаллический фундамент Русской платформы в Ленинградской области выходит на дневную поверхность в районе Карельского перешейка. Фундамент представлен комплексом отложений архейского и нижнепротерозойского возраста: магматическими и метаморфизованными нестратифицированными породами.

Осадочный чехол Русской платформы в пределах Ленинградской области представлен рифей-фанерозойскими (рисунок 4) и четвертичными (рисунок 5) отложениями, залегающими несогласно на кровле фундамента.

СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ  
ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ  
ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

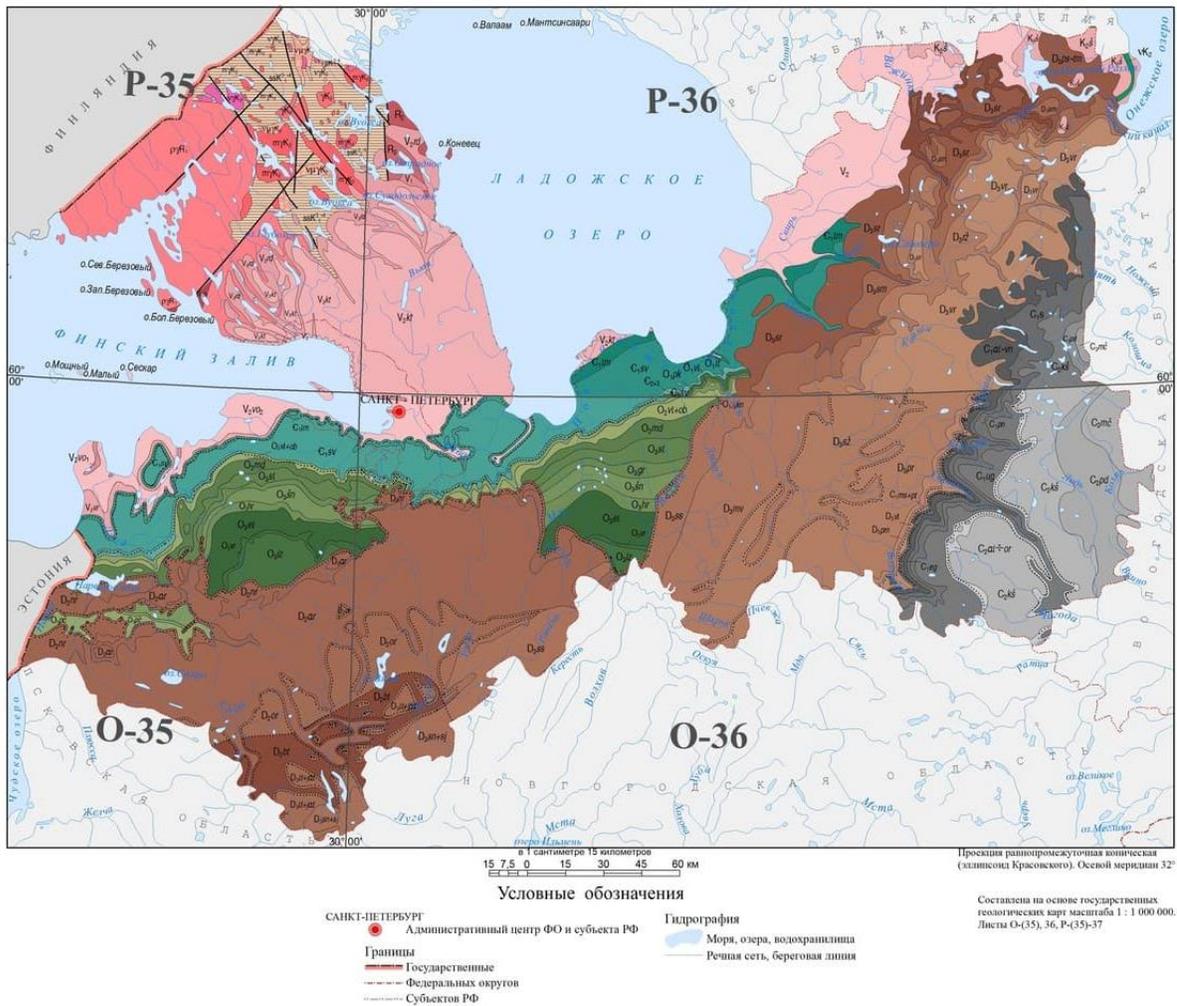


Рисунок 4 Геологическая карта Ленинградской области и г. Санкт-Петербург (ГИС-Атлас «Недра России»)

Архей-нижнепротерозойские (карельские) породы фундамента представлены различными гнейсами и кристаллическими сланцами, прорванными многочисленными интрузиями гранитов, диоритов и сиенитов.

Первый структурный ярус в пределах чехла составляет авлакогенный комплекс, отложения которого приурочены к сравнительно узким, линейным впадинам в основании чехла. Авлакогены выполнены мощными толщами континентальных и мелководно-морских обломочных отложений рифея — нижнего венда. Отложение нижнего рифея представлены щелочными гранитами А-типа, среднего и верхнего рифея – песчано-алевролитно-глинистыми образованиями.

Плитный комплекс чехла берёт своё начало в верхнем венде. Верхний вэнд представлен старорусской ( $V_{2sr}$ ) и василеостровской ( $V_{2vo}$ ) свитами. Старорусская свита представлена песчано-глинистой толщей, залегающей с размывом на коре выветривания кристаллического фундамента или нижнерифейских отложениях. В строении разреза Василеостровской свиты отражается трансгрессивный характер седиментации. Нижняя его часть представлена глинисто-алевролитно-песчаной пачкой, верхняя, большая – аргиллитоглинистой, достаточно выдержанной по латерали. Первая представляет нижнюю, вторая верхнюю подсвиты. Нижняя подсвита ( $V_{2vo1}$ ) в стратотипическом разрезе скважины Геолкома на Васильевском острове, внизу сложена 42-метровой песчаной пачкой, вверху глинами уплотненными тонкослоистыми зеленовато-серыми (5 м) общей мощностью 47 м. Песчаники в основании среднезернистые, вверху мелкозернистые полевошпатовокварцевые, глинистые. Глины алевролитовые с ляминаритовыми пленками. В других разрезах нижняя подсвита представлена песчаниками, переслаивающимися с алевролитами и глинами. Мощность нижней подсвиты василеостровской свиты на западе зоны составляет 10–25 м, к югу и востоку увеличивается до 30–45 м, на севере, в районе Красный Бор достигает 60 м. Верхняя подсвита а ( $V_{2vo2}$ ) в основании представлена песчаниками глинистыми (5 м), выше однородной глинистой толщей – плотными тонкослоистыми «ляминаритовыми» глинами (45 м) общей мощностью 50 м, выходящими под покров четвертичных образований (Вербицкий, 2012).

Кембрийские отложения (Є) распространены узкой полосой вдоль берега Финского залива, где эродированы в дочетвертичное время, а на юго-востоке – в преддевонское время. Отложения представлены следующими свитами: Ломоносовская, Сиверская, Саблинская и Ладожская.

Отложения Ломоносовской свиты (Є<sub>1lm</sub>), представлены песчаниками, алевролитами и глинами. Свита залегает с размывом на породах василеостровской свиты, о чем свидетельствуют песчаные отложения в нижней части разреза. Мощность 4-23 м. (Вербицкий, 2012).

Отложения Сиверской свиты, представлены голубовато-серыми тонкодисперсными, однородными, не слоистыми глинами, с многочисленными включениями пирита и отдельными прослойками алевролитов. Глины относительно глубоководные, это связано с обширной морской трансгрессией (Бискэ, 2014). Органические остатки встречаются редко, главным образом это трубки морских червей и споры растений. Сиверская свита отвечает

верхней части лонтоваского горизонта нижнего кембрия ( $\text{Є}_1$ ). Мощность отложений составляет 100- 120 м (Натальин, 2001).

Саблинская свита ( $\text{Є}_{2\text{sb}}$ ), имеет широкое распространение, прослеживается в виде узкой полосы вдоль Балтийско-Ладожского глинта. Она с размывом перекрывает подстилающие отложения. Слагающие ее кварцевые пески зрелые, хорошо отсортированы, обладают мелкозернистой структурой и отчетливо выраженной косо́й слоистостью. В песчаных породах саблинской свиты редко встречаются тонкие прослои глин и алевролитов, прослои и гнезда пестроцветных песчаников, кольца Лизеганда, в кровле отложений – конкреции окислов железа. Отложения отвечают условиям морского побережья и образованы на фоне общей регрессии. Мощность свиты 10-15 м (Бискэ, 2014).

Отложения ладожской свиты выходят на дневную поверхность по берегам рек Тосна и Саблинка. Породы представлены серыми, белыми песками с обломками раковин беззамковых брахиопод рода *Obolus*. Характерны линзовидные тела небольшой мощности (от 0 до 10-15 см.), по простира́нию могут замещаться прослоями серых неслоистых глин или песчано-глинистыми разностями с ритмичной ленточной слоистостью. Ладожская свита сформировалась в промежуток времени, который соответствует сравнительно краткосрочной трансгрессии и регрессии (Кузнецов, 1940).

Новая обширная трансгрессия началась в ордовике (O) и создала, на фоне медленного тектонического погружения, мощную толщу в основном карбонатного состава. В основании ее находятся песчаники тосненской свиты ( $\text{O}_{1\text{ts}}$ ). Свита, представлена светло-серыми и желтовато-серыми средне-мелкозернистыми кварцевыми песчаниками с косо́й слоистостью. В подошве свиты наблюдаются «карманы», глубиной до 15 см, заполненные фосфатными гальками и оболочным детритом. Отложения богаты фосфат - содержащими раковинами брахиопод рода *Obolus apollinis* Eichw, *Schmidtites celatus* и точно датированы конодонтами *Cordylodus proavus* нижнего тремадокского яруса ордовика ( $\text{O}_{1\text{t}}$ ). Мощность отложений 2-5 м (Бискэ, 2014).

Копорская свита ( $\text{O}_{1\text{kp}}$ ), не имеет выхода на дочервертичную поверхность, сложена аргиллитами и алевролитами черного, серовато-черного цвета, местами замещенными сланцеватыми битуминозными глинами. Эти отложения являются маркирующим горизонтом. Линия контакта сланца с вышележащей глауконитовой толщей обычно неровная, со следами размыва, нижняя граница пород тосненской и копорской свит согласная (Кузнецов, 1940). Породы свиты, содержащие остатки дендроидных граптолитов

рода *Rhabdinopora desmograptoides*, *R. multithecata*, *R. rossica*, *R. bryoraptoides* и конодонтов *Cordylodus angulatus* – *C. rotundus*, соответствуют тремадокскому ярусу нижнего ордовика (O<sub>1ts</sub>). Мощность слабо изменяется и составляет 10-30 см (Натальин, 2001).

Песчаники Тосненской свиты вместе с черными сланцами копорской свиты образуют широко распространенный пакерортский горизонт (Бискэ, 2014).

Леэтсеский тонкий горизонт залегает на неравномерно размывтой поверхности копорской или ладожской свит и перекрываются породами волховской свиты. Леэтсеская свита (O<sub>1lt</sub>) представлена мелкозернистыми темно-зелеными песками и песчаниками, содержащими с зерна глауконита до 50%. В разрезе свиты выделяются три зоны конодонтов – *Paroistodus proteus*, *Prioniodus elegans*, *Oepikodus evae*. Мощность отложений 1-2 м (Вербицкий, 2012).

Карбонатная часть разреза ордовика начинается с волховской свиты (O<sub>2v1</sub>). Слагающие свиту известняки и доломиты неоднородны по литологическому составу и разделяются на три подсвиты. Первая – «дикари», сложена пестроокрашенными доломитизированными глауконитовыми известняками, с гнездами кальцита, с прослоями красно-бурых глин. В верхней части разреза – слабокавернозный. Подсвита «желтяки» сложена мелкокристаллическими, в основном тонкоплитчатыми и глинистыми, местами органогенными известняками с яркой пятнистой окраской, преимущественно охристо-желтой и фиолетово-бурой. Встречаются прослои доломитов и мергелистых глин. «Желтяки» в целом соответствуют конодонтовой зоне *Microzarkodina parva*. Подсвита «фризы» занимает верхнюю часть свиты без резкой границы с подсвитой «желтяки». Это известняки, местами неравномерно доломитизированные вплоть до перехода в доломиты, в основном тонкослоистые с редкими тонкими прослоями мергелей и глин, зеленовато-серые со слабым фиолетовым оттенком и с примесью глауконита. Наиболее распространенными органическими остатками волховской свиты являются головоногие моллюски *Endoceras glauconiticum* Heinr., *E. frisense* Bal., трилобиты *Jlaenus centrotus* (Bock.), *Niobe frontalis* Dalm, брахиоподы *Paurorthis parva*, *Pseudocrania antiquissima*, остракоды *Tetradella grewingki* (Bock), *Primitia zonata*. Мощность отложений колеблется от 1,5 до 6,5 м (Бискэ, 2014).

Обуховская свита (O<sub>2ob</sub>) распространена под четвертичными образованиями в виде узкой (шириной не более 1,5–2 км) полосы по глинту и прилегающей к нему площади совместно с отложениями волховской свиты. Свита представлена тонкоплитчатыми зеленовато- и желтовато-серыми глинистыми известняками и доломитами с прослоями

известковистых глин и мергелей. На границе между волховской и обуховской свитами выделяется маркирующий слой темно-серого глинистого известняка или мергелей с обильными включениями фосфатножелезистых оолитов (нижний чечевичный слой). Выше свита представлена глинистыми и доломитизированными известняками. Характерными окаменелостями являются трилобиты *Asaphus ganiceps* Dalm. и брахиоподы *Orthis calligramma* Dalm. Верхняя граница обуховской свиты, проводится по «верхнему чечевичному слою». Мощность свиты – от 1,5 до 7,5 м (Вербицкий, 2012).

Силурийских отложений на территории Ленинградской области не представлено, поскольку территория представляла собой возвышенную равнину в то время.

Девонские отложения широко распространены в южной и восточной частях Ленинградской области, формируя «Главное девонское поле». Средне- и верхнедевонские отложения (D<sub>2-3</sub>) представлены пестроцветными песками и песчаниками с остатками древних палеозойских рыб. Сясинская свита (D<sub>3ss</sub>) выполнена микро- и тонкокристаллическими доломитами и глинистыми мергелями. Верхняя часть сложена чередующимися слоями светло- и зеленовато-неравномерно глинистых органогенных и органогенно-детритовых известняков, мергелей, ракушечников. Мощность девонских отложений достигает более 100 м на юге.

Большая часть Ленинградской области покрыта четвертичными отложениями, происхождение которых связано с тремя ледниковыми, двумя межледниковыми, позднеледниковыми и послеледниковыми периодами в геологической истории развития региона (Астахов, 2008).

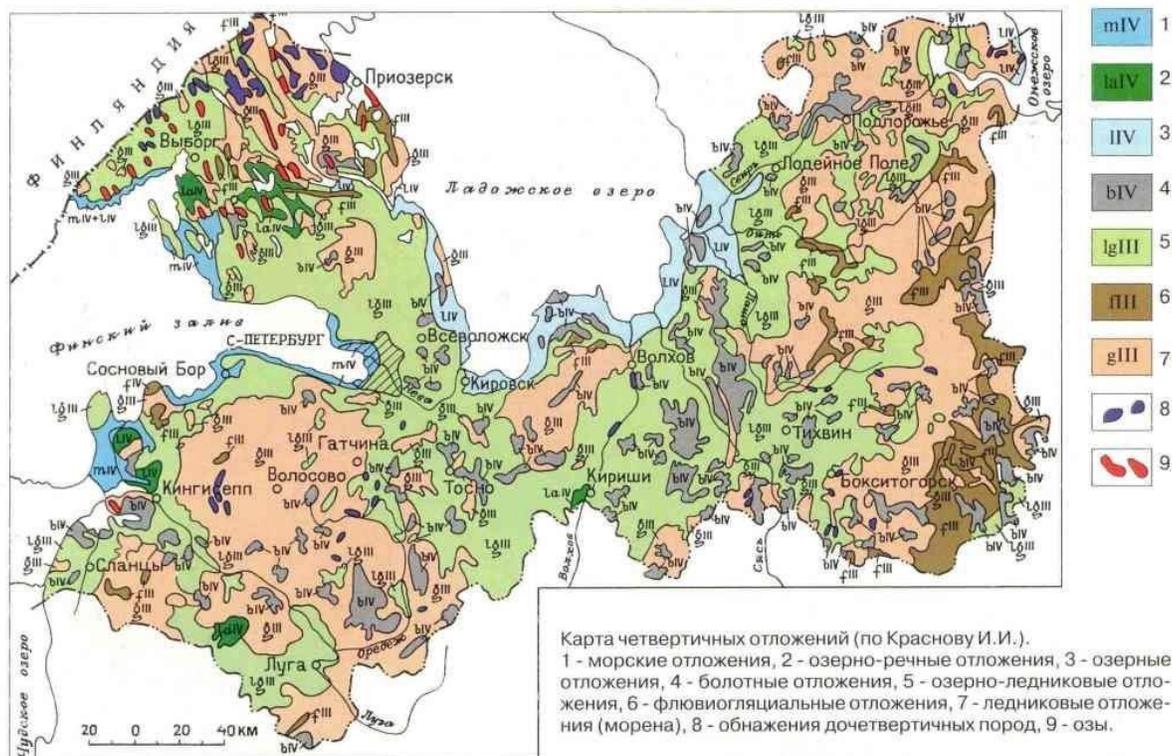


Рисунок 5 Карта четвертичных пород (Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена)

В разрезе четвертичных отложений участвуют отложения среднего плейстоцена, верхнего плейстоцена и голоцена. На дневной поверхности преимущественно распространены отложения верхнего плейстоцена (осташковский горизонт) и позднеледниковья. По генезису преобладают отложения ледникового ряда – моренные, флювиогляциальные и озерно-ледниковые, а из водных – широко развиты морские, озерные и болотные осадки. Все они представлены в основном сильно переслаивающимися песчано-глинистыми отложениями, являющиеся специфическими грунтами. Четвертичные отложения отличаются частой литологической изменчивостью, как в плане, так и в разрезе. Мощность этих осадков обычно не превышает 20-30 м, но в погребенных долинах может достигать 100-130 м (Сергеева, 2013).

Поступающий ледник двигался главным образом со Скандинавского полуострова. Каждый вновь поступающий ледник почти полностью уничтожал отложения предыдущих, следовательно история развития территории до днепровского оледенения включительно устанавливается с трудом. Четвертичные отложения описываемой территории это в основном отложения московского (в глубоких палеодолинах) и валдайского оледенений (Сергеев, 1982).

Наступившее после днепровского московское оледенение обусловило развитие морены и озёрно-ледниковых отложений, которые в описываемом регионе встречаются только в тальвегах погребенных палеодолин. В составе образований московского ледника выделяются основная и краевая морены. На площади, покрывавшейся валдайским ледником, основная московская морена (gIIms) прослеживается в виде выдержанного по площади горизонта в Предглинтовой низменности. В понижениях дочетвертичного субстрата на Ордовикском, Карбоновом плато, Девонской равнине так же местами сохранились отложения московской морены. В составе морены преобладают серые, зеленовато-серые суглинки с большим количеством валунов гранита, гранитогнейсов, порфиритов.

Начало позднего неоплейстоцена ознаменовалось крупным потеплением (микулинским межледниковым), которое привело к полному исчезновению ледникового покрова и возникновению обширного морского бассейна, южным берегом которого служил Балтийско-Ладожский глинт. Предглинтовая низменность являлась морской акваторией непродолжительное время, волна похолодания, начавшаяся во второй половине межледниковья (110-115 тыс. лет назад), обусловила возникновение последнего валдайского покровного оледенения (Сергеев, 1982).

Ранневалдайские отложения микулинского горизонта представлены континентальными фациями и морской мгинской свитой, присутствуют только в пределах палеодолин.

Морские отложения мгинской свиты (mIII<sub>mg</sub>) распространены в пределах южного побережья Финского залива и Ладожского озера. Мгинские отложения представлены зеленовато-черными, темно-серыми глинами и суглинками, с примесью органических веществ, с включениями раковин моллюсков. Отложения формировались в относительно глубоководной, застойной части бассейна. К югу и востоку от Балтийско-Ладожского (Ордовикского) глинта микулинский межледниковый горизонт представлен континентальными отложениями (Астахов, 2008).

В течение всего средневалдайского интервала (50 – 24 тыс. лет назад) территория Ленинградской области представляла собой область широкого развития древних озер различных по размерам. Для отложений средневалдайского (ленинградского) горизонта характерны континентальные водные осадки и торфяники. В пределах Приневской равнины широкое распространение имеют лимний и лимноаллювий, преимущественно

представленные пылеватыми песками, алевритами, илами, супесями с примесью растительных осадков, мощность отложений до 12 м (Астахов, 2008).

Начало позднего валдая (осташковское время) связано с новым похолоданием, имевшим место примерно 25 тыс. лет назад (лужская стадия). В связи с наступлением поздневалдайского ледника вся территория вновь была покрыта льдом. С его деградацией начался новый этап окончательного освобождения Ленинградской области от ледникового покрова, начало этапа оценивается в 14 тыс. лет назад. В период, когда территория постепенно освобождалась от ледникового покрова, во впадинах между отступающим ледником и поднятиями рельефа скапливались талые воды, образовавшие Балтийское ледниковое озеро. Отложения этого водного бассейна представлены песками, супесями, ленточными суглинками и глинами (Астахов, 2008).

Отложения осташковского горизонта характеризуются различной мощностью, разнообразным литологическим составом и генезисом, представлены комплексом ледниковых (основная и краевая морены), водно-ледниковых, аллювиальных, озёрно-аллювиальных и озёрных отложений. Моренные отложения представлены валунными супесями, суглинками, с прослоями песка. Флювиогляциальные отложения представлены песками, слагающими разнообразные формы рельефа: озы, камы, зандровые поля. Озерно-ледниковые отложения развиты на низменных площадях, в наиболее пониженных участках сложены ленточными глинами, фациально замещающиеся при приближении к краевой части бассейна суглинками, супесями, песками (Астахов, 2008).

В течение голоцена в последние 10 тыс. лет господствовали эрозионные процессы, с переотложением материала в речных долинах, озерах и морях, а на севере начались процессы заболачивания, с последующим образованием торфяников (Астахов, 2008).

### 2.1.2 Новейшая тектоника

Изучение новейшей тектоники на северо-западе Русской плиты встречает значительные трудности. Они заключаются в следующем: а) малая интенсивность новейших тектонических движений; б) активная, преимущественно аккумулятивная деятельность ледниковых покровов; в) чрезвычайная молодость рельефа (со времени разрушения последнего ледника прошло всего лишь 12—15 тыс. лет); г) отсутствие коррелятных отложений (Селиванова, 1971).

По существующему тектоническому режиму территория Ленинградской области принадлежит материковой платформе, испытывающей общее поднятие. Платформенный режим сохраняется здесь с верхнего протерозоя (Селиванова, 1971).

Начало новейшего тектонического развития приурочено к концу палеогена — началу неогена. С этим временем связано либо явное усиление активности тектонических процессов, выражающиеся в образовании пликативных и дизъюнктивных нарушений (Центральный Казахстан), либо даже смена тектонического режима (Тянь-Шань, Кавказ) (Селиванова, 1971).

Отчётливо выделяются три стадии новейшего этапа: доплейстоценовый, плейстоценовый и голоценовый по особенностям тектонических процессов и их геоморфологии.

Характеристика доплейстоценовой тектоники может быть получена на основе анализа поверхности дочетвертичных пород. Под покровом четвертичных образований в Ленинградской области отчётливо проступают три обширные ступени, разделенные уступами или склонами. Они отчетливо выражены и в современном рельефе. Это южная часть Карельского перешейка, ограниченная на юге Балтийским глинтом; пространство между Балтийским глинтом и склоном Валдайской возвышенности (так называемые Девонская равнина и Ордовикское плато); юго-восточная-повышенная часть (Карбоновое плато). Ступени, выработанные в дочетвертичных породах, независимо от состава последних, и имеющие региональное распространение, можно рассматривать как поверхности выравнивания. Начало доплейстоценового этапа новейших тектонических движений на описываемой территории относится к олигоцену (Селиванова, 1971).

Образование в палеоген-неогене лестницы поверхностей выравнивания, по-видимому, отражает, с одной стороны, понижение общего базиса эрозии всего рассматриваемого района (учитывая обширность территории, можно считать базисом эрозии Мировой океан), с другой — общее поднятие суши. О значительном снижении уровня Мирового океана в неогене свидетельствует широкое развитие переуглубленных долин (Селиванова, 1971).

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, 1973).

Свидетельством голоценовых тектонических движений на исследуемой территории являются деформации террас приледниковых водоемов, различия в абсолютных отметках залегания одновозрастных морских и озерных отложений, перекосы террас крупных озер (Селиванова, 1971).

Выявление локальных новейших структур основывается на основе установления качественных изменений рельефа. Надёжно локальные новейшие структуры устанавливаются только на озёрно-ледниковых равнинах и на участках ледниковой экзарации (Селиванова, 1971).

## 2.2 Гидрогеологические условия

Территория Ленинградской области приурочена к двум гидрогеологическим структурам, ее северная часть (Карельский и Онего-Ладужский перешейки) относится к Балтийскому гидрогеологическому массиву, а вся остальная — к Ленинградскому артезианскому бассейну. (Грейсер, 2005)

**Четвертичный водоносный комплекс** литологически изменчив, не выдержан в плане и разрезе, приурочен к озо-камовым массивам, флювиогляциальным полям, погребенным речным долинам и межморенным водоносным горизонтам. Мощность комплекса меняется от единиц до 80 м, водообильность неравномерная. Выделяется два межморенных водоносных горизонта (ММВГ), верхний и нижний. Московско-валдайский ММВГ (верхний) залегает под отложениями лужской морены и подстилается московской. Днепровско-московский ММВГ (нижний) перекрывается московской мореной, а подстилается днепровской мореной (Виноград, 2019).

Водопроницаемость межморенного водоносного горизонта составляет 20-50 м<sup>2</sup>/сутки. Пьезометрические уровни межморенных горизонтов в пределах водоразделов залегают на глубинах 10-20 м, а на побережье Финского залива и в долинах рек на 1- 10 м выше поверхности земли. Напор подземных вод на значительной площади составляет 20-40 м - для верхнего, 40-60 м - для нижнего межморенного водоносного горизонта. Долины представляют собой дрены, в которые разгружаются сопредельные водоносные комплексы. В долинах установлена неоднородность состава песков по вертикали, как правило, грубозернистые разности, залегающие в основании горизонтов, постепенно сменяются

мелкозернистыми. Дебиты скважин достигают 10- 30 л/с при понижениях на 2-4 м, водопроницаемость оценивается в 600-3500 м<sup>2</sup>/сутки (Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Нева, 2010).

**Московский водоносный горизонт** развит в юго-восточной части Ленинградской области, в пределах Карбонового плато. Залегает под четвертичными отложениями на глубине 0,5-15 м, подстилается верейскими водоупорными глинами. Сложен трещиноватыми и закарстованными карбонатными породами мощностью 15-55 м. Фильтрационные свойства пород характеризуются коэффициентами водопроницаемости до 1000 м<sup>2</sup>/сутки. Воды горизонта безнапорные. Глубина залегания уровня подземных вод 0,5-10 м при абсолютных отметках 180- 220 м в северной части площади развития (Вепсовская возвышенность) и 140-150 м - в южной. Направление движения подземных вод юго-восточное (Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Нева, 2010).

**Верейский водоупорный горизонт** развит на юго-восточной окраине Ленинградской области, отделяет московский водоносный горизонт от венево-протвинского водоносного комплекса. Представлен красноцветными глинами с прослоями мелкозернистых глинистых песков, песчаников, доломитов, известняков и мергелей общей мощностью 5-10 м (Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Нева, 2010).

**Венево-протвинский водоносный комплекс** распространен в восточной части Ленинградской области. Глубина залегания кровли на западе территории распространения составляет 7-8 м, увеличиваясь к востоку до 60 м. Водовмещающие породы - известняки и доломиты, переслаивающиеся глинами. Мощность водоносного комплекса 50-80 м. Повышенные коэффициенты водопроницаемости, от 400-500 до 1500-5000 м<sup>2</sup>/сутки, приурочены к закарстованным известнякам. На остальной территории водопроницаемость не превышает 100 м<sup>2</sup> /сутки. Удельный дебит скважин изменяется от 0,3 до 38,4 л/с. Дебиты родников, приуроченных к Карбонному уступу или к долинам рек Рядань и Вельгия, составляют 3-20 л/с. Суммарный дебит групп родников достигает 250-750 л/с. Безнапорные и слабонапорные воды залегают под четвертичными отложениями. К востоку, где комплекс погружается под отложения среднего карбона, воды приобретают напор, который на границе Ленинградской области достигает 85 м. Пьезометрический уровень подземных вод

залегает на глубинах 0,5-30 м, в долинах рек скважины фонтанируют, достигая 15 м (Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Нева, 2010).

**Малевско-михайловский водоносный комплекс** развит в восточной части области, залегает на отложениях верхнего девона, представленного глинами мощностью от первых метров до 20-30 м, у западной границы распространения перекрыт четвертичными отложениями (мореной мощностью до 5 м), на остальной площади - веневско-протвинскими. Комплекс представляет собой слоистую систему и сложен, преимущественно, глинами с прослоями песков, на отдельных участках - вблизи Карбонового уступа - песками с прослоями глин, алевролитов, известняков, доломитов, мергелей. Общая мощность комплекса 55-90 м. Наиболее распространенные мощности водовмещающих прослоев от 0,2 до 5 м. Условия накопления подземные воды комплекса для большей части территории неблагоприятные (Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Нева, 2010).

**Верхнедевонский водоносный комплекс** залегает на глубине 5-60 м. Породы, слагающие комплекс - переслаивающиеся песок, глина, песчаник, известняк. Водоупорные слои не выдержаны и не нарушают гидравлическую связь водовмещающих прослоев, все они имеют общую уровенную поверхность. Мощность водоносного комплекса увеличивается с севера-запада на юго-восток от 1 -15 м до 120-140 м. Максимальные значения водопроницаемости (100-300 м<sup>2</sup>/сутки) характерны для района Тихвин - Бокситогорск и вдоль восточной границы территории севернее г. Бокситогорск. В юго-восточной части величина водопроницаемости варьирует в пределах 50-100 м<sup>2</sup>/сутки. На остальной площади она менее 50 м<sup>2</sup>/сутки. Преобладающее значение удельного дебита 0,05-0,5 л/с, максимальное - 4-4 л/с (п. Шугозеро). Подземные воды преимущественно безнапорные и слабонапорные (с величиной напора менее 20 м); в северной части распространения водоносный комплекс напоры могут достигать 40-60 м. Характерная глубина залегания уровня воды 2-7 м (Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Нева, 2010).

**Саргаевско-даугавский водоносный комплекс** распространен на юге центральной части ЛО. Залегает на отложениях девона и ордовика. От нижележащих водоносный комплекс отделен относительным водоупором - глинами саргаевского горизонта мощностью 3-6 м. Перекрывается четвертичными и вышезалегающими девонскими отложениями. Водовмещающие породы - переслаивающиеся мергель, доломит, известняк,

глина; в меньшей степени - песок и песчаник. Мощность всего комплекса увеличивается в юго-восточном направлении от 10 до 135 м. Коэффициенты водопроницаемости комплекса ниже 50 м<sup>2</sup>/сутки. Подземные воды безнапорные и слабонапорные. Глубина залегания уровня воды на водоразделах и склонах составляет 10-30 м, в долине р. Волхов скважины фонтанируют (Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Нева, 2010).

**Ордовикский водоносный комплекс** распространен к югу от Балтийско-Ладожского уступа (глинта). Водовмещающие породы - трещиноватые и закарстованные известняки и доломиты. Мощность комплекса увеличивается в юго-восточном направлении от 5 до 130 м. Степень трещиноватости карбонатных толщ не однородна как в плане, так и в разрезе. Наиболее интенсивно трещиноватость пород развита на Ижорской возвышенности (до глубины 40-50 м). Коэффициент водопроницаемости на большей части плато составляет 500-2500 м<sup>2</sup>/сутки, достигая на отдельных участках 10 000 м<sup>2</sup>/сутки. Воды комплекса безнапорные и слабонапорные. Величина напора увеличивается в юго-восточном направлении от 2 до 190 м. Глубина залегания уровня 1-30 м, максимальная на водоразделах. Питание подземных вод атмосферное. Разгружается водоносный комплекс через родники, приуроченные к периферии Ордовикского плато, а также в нижележащий кембро-ордовикский водоносный комплекс и в сторону регионального погружения пород (Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Нева, 2010).

**Кембро-ордовикский водоносный комплекс** распространен к юго-востоку от Балтийско-Ладожского уступа (глинта). Водовмещающие породы - песок и слабосцементированный песчаник с маломощными прослоями глин и алевролитов. Мощность водоносного комплекса увеличивается в юго-восточном направлении и составляет 2-60 м. Фильтрационные свойства пласта характеризуются коэффициентом водопроницаемости 50-300 м<sup>2</sup>/сутки, зависящим от мощности пласта. Воды комплекса напорные и высоконапорные. Безнапорные и слабонапорные воды встречаются лишь в узкой приглинтовой полосе. Величина напора изменяется от первых метров до 340 м (у южной границы Ленинградской области). Уровни подземных вод устанавливаются на глубинах 0,7-26 м. Формирование подземных вод – за счет их перетекания из ордовикского водоносного комплекса, а разгрузка - в сторону регионального погружения и через действующие водозаборы и дренажные шахты (Виноград, 2019).

**Лонтоваский водоупорный горизонт** распространен к югу от Финского залива и Ладожского озера. Представлен «синей» глиной, мощность которой увеличивается к югу от 2 до 80 м, а к востоку - до 130 м. Является региональным водоупором, разделяющим пресные воды выше залегающих водоносных комплексов от солоноватых и соленых вод ниже залегающих водоносных комплексов (Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Нева, 2010).

**Ломоносовский водоносный горизонт** распространен к югу от Финского залива и Ладожского озера. В большей части своего распространения содержит солоноватые и соленые воды. Залегаем между двумя водоупорными толщами: лонтоваскими (в кровле) и верхнекотлинскими (в подошве) глинами. Водовмещающие породы - мелко- и среднезернистые песчаники, переслаивающиеся с тонкими прослоями алевролитов и глин общей мощностью 5-60 м, увеличивающейся в восточном и южном направлениях. (Виноград, 2019).

**Верхнекотлинский водоносный горизонт** развит практически на всей территории области, за исключением Выборгского и Приозерского районов. Представлен плотными глинами мощностью 50-130 м и отделяет ломоносовский водоносный горизонт от вендского водоносного комплекса (Виноград, 2019).

**Вендский водоносный комплекс** распространен повсеместно и содержит, в основном, минеральные воды. Сверху и снизу изолирован водоупорными глинами котлинского же горизонта. Глубина залегания водоносного комплекса увеличивается в юго-восточном направлении от 27 до 212 м. Водовмещающие породы - пески и песчаники с прослоями глин, и алевролитов общей мощностью 7-57 м. Фильтрационные свойства характеризуются водопроницаемостью в 50-100 м<sup>2</sup>/сутки, а в районе г. Подпорожья (п.п. Согиницы, Важины, Курпово) она достигает 500 м<sup>2</sup>/сутки. Водоносный комплекс напорный, величина напора увеличивается с севера на юг от 30 до 174 м. Глубина залегания пьезометрического уровня 10-20 м, в долинах рек Свирь, Важинка и др. скважины фонтанируют, высота фонтана 15-18 м (Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Нева, 2010).

**Архей-протерозойская водоносная зона** - зона трещиноватости и коры выветривания пород кристаллического фундамента, залегающего с поверхности или под четвертичными отложениями. Приурочена к северной части Карельского перешейка и западному берегу Онежского озера. Южнее кристаллические породы погружаются под

мощную толщу палеозойских и верхнепротерозойских отложений, где трещиноватость кристаллических пород затухает, и они становятся безводными. Водовмещающие породы - гнейсы, граниты и кристаллические сланцы. Мощность коры выветривания и трещиноватой зоны колеблется от 1-2 до 50 м. Трещиноватость пород весьма неравномерная, что обуславливает их слабую обводнённость. Подземные воды до глубины 50 м пресные, а ниже их минерализация возрастает. Практическое значение водоносной зоны весьма ограничено из-за трудности обнаружения обводненных зон (Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Нева, 2010).

## ГЛАВА 3. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ УЧАСТКА РАБОТ

### 3.1 Местоположение и климат

Участок проектируемого строительства расположен в Ломоносовском районе, МО «Аннинское сельское поселение», п. Новоселье.

На климатические условия рассматриваемой территории оказывают влияние внутренние водоёмы (Финский залив и Ладожское озеро). Климат умеренный, влажный, близкий к морскому. Климат находится под влиянием южных, юго-западных и западных направлений ветра, приносящих тёплый и влажный атлантический воздух. Преобладающие ветры западного, юго-западного и северо-западного направления. Смена различных воздушных масс является причиной неустойчивой, изменчивой погоды.

Климат характеризуется четырёхсезонной структурой. При этом самый холодный месяц – февраль, самый тёплый – июль.

Среднегодовая сумма осадков составляет от 550 до 650 мм, а годовая величина испаряемости – около 300 мм, следовательно, осадки превышают испаряемость примерно в 2 раза. Средняя месячная абсолютная влажность воздуха – от 2,1-3,1 мм (декабрь - март) до 9,4 -11,4 мм (июль - август). Средняя годовая относительная влажность воздуха изменяется от 69 до 79 %. Большую часть осадков составляет снег, который лежит около 135 дней.

Среднегодовая скорость ветра – 2,2 м/с. В осенне-зимний период преобладают южного и юго-западного направлений ветра, а в весенне-летний период – западного.

В соответствии с СП 131.13330.2020 территория относится подрайону II В по климатическому районированию и II типу местности по характеру и степени увлажнения.

### 3.2 Геоморфология и рельеф

В геоморфологическом отношении участок проектируемых работ приурочен к аккумулятивной террасированной озёрно-ледниковой равнине в пределах Прибалтийско-Ладожской низменности. Абсолютные отметки дневной поверхности изменяются от 19,40 до 19,60 м по данным привязки устьев выработок.

### 3.3 Геологическое строение участка работ

Геологическое строение района работ до глубины 22,00 м представлено верхнечетвертичными озёрно-ледниковыми, ледниковыми и нижнекембрийскими отложениями.

Повсеместно вскрыт почвенно-растительный слой мощностью 0,20 м.

#### ***Четвертичная система***

#### ***Верхнечетвертичные отложения – Q III***

#### ***Озерно-ледниковые отложения - Ig III***

Озерно-ледниковые отложения представлены суглинками тяжёлыми вылеватými полутвёрдыми, неяснослоистыми, ожелезнёнными, коричнево-жёлтыми, с прослоями песков пылеватых влажных и насыщенных водой (ИГЭ 1). Залегают под почвенно-растительным слоем мощностью 0,2 - 0,3 м и современными техногенными образованиями.

Залегают на глубинах 0,20 - 1,40 м (абс. отм. кровли 17,50 - 18,90 м). Мощность составляет 0,60-1,80 м.

#### ***Ледниковые отложения - g III***

Ледниковые отложения представлены супесями пылеватыми твёрдыми (ИГЭ 2), супесями пылеватыми пластичными (ИГЭ 3), суглинками легкими пылеватыми мягкопластичными (ИГЭ 4), суглинками легкими пылеватыми тугопластичными (ИГЭ 5) и суглинками тяжелыми пылеватыми полутвёрдыми, обогащенными глинистым материалом кембрия (ИГЭ 6). Распространены повсеместно на участке изысканий и залегают под современными техногенными образованиями и верхнечетвертичными озёрно-ледниковыми (Ig III) отложениями.

Супеси пылеватые твёрдые, коричневые, с гнёздами и линзами песков пылеватых и мелких, влажных, с гнездами ожелезнения, с гравием и галькой изверженных пород до 5% (ИГЭ 2). Распространены повсеместно. Залегают на глубинах 1,00 – 1,40 м (абс. отм. кровли от 18,10 до 18,60 м), мощность изменяется от 0,80 до 1,80 м.

Супеси пылеватые пластичные, коричневые, местами желтовато-серые, с гнёздами и линзами песков пылеватых и мелких, влажных и насыщенных водой, с гнездами ожелезнения, с гравием и галькой изверженных пород до 5% (ИГЭ 3). Распространены практически повсеместно. Залегают на глубинах 1,80 – 3,00 м (абс. отм. кровли от 16,40 до 17,60 м), мощность изменяется от 1,00 до 1,90 м.

Суглинки лёгкие пылеватые мягкопластичные, серые, местами зеленовато-серые, с гнездами и линзами песков пылеватых и мелких, насыщенных водой, с гравием и галькой изверженных пород до 5-7% (ИГЭ 4). Имеют широкое распространение. Залегают на глубинах 3,40 – 8,40 м (абс. отм. кровли от 11,00 до 16,00 м), мощность изменяется от 0,90 до 3,00 м.

Суглинки лёгкие пылеватые тугопластичные, с линзами полутвёрдых, серые, местами зеленовато-серые, с гнездами и линзами песков пылеватых и мелких, насыщенных водой, с гравием и галькой изверженных пород до 5-7% (ИГЭ 5). Распространены повсеместно. Залегают на глубинах 3,20 – 7,00 м (абс. отм. кровли от 12,40 до 16,30 м), мощность изменяется от 1,40 до 4,50 м.

Суглинки тяжёлые пылеватые полутвёрдые, обогащённые глинистым материалом кембрия, голубовато-серые, с гнездами и линзами песков пылеватых и мелких, влажных, с гравием и галькой изверженных пород до 5%, с обломками песчаников до 3-5% (ИГЭ 6). Распространены повсеместно. Залегают на глубинах 8,90 – 9,90 м (абс. отм. кровли от 9,60 до 10,50 м), мощность изменяется от 1,50 до 2,00 м.

### ***Кембрийская система €***

#### ***Нижний отдел – €<sub>1</sub>***

Нижнекембрийские отложения представлены глинами легкими пылеватыми твердыми, дислоцированными (ИГЭ 7) и глинами легкими пылеватыми твердыми, слоистыми (ИГЭ 8).

Глины лёгкие пылеватые полутвёрдые, дислоцированные (отторженцы), серовато-голубые, с тонкими прослоями песков пылеватых влажных, с обломками песчаников до 3-5% (ИГЭ 7). Распространены повсеместно. Залегают на глубинах 10,40 – 11,90 м (абс. отм. кровли от 7,60 до 9,00 м), мощность составляет от 2,80 до 2,90 м.

Глины лёгкие пылеватые твёрдые, слоистые, серовато-голубые, с прослоями песчаников малопрочных и средней прочности, с тонкими прослоями песков пылеватых влажных (ИГЭ 8). Распространены повсеместно. Залегают на глубинах 13,30 – 14,80 м (абс. отм. кровли от 4,70 до 6,10 м), вскрытая мощность изменяется от 7,20 до 8,70 м.

### 3.4 Физико-механические свойства грунтов

На основании выполненных работ в соответствии с требованиями ГОСТ 20522-2012 и ГОСТ 25100-2011 на исследуемом участке выделено 8 инженерно-геологических элементов.

Вся толща грунтов до глубины 22,00 м разделена на 8 инженерно-геологических элементов с учётом возраста, генезиса, текстурно-структурных характеристик и номенклатурного вида слагающих участков грунтов. Инженерно-геологический разрез, колонки к нему представлены в приложениях 1-3.

Лабораторные исследования проводились в соответствии с нормативными документами: ГОСТ 5180-2015, ГОСТ 12536-2014, ГОСТ 30416-2012.

Результаты определения гранулометрического состава грунтов приведены в таблицах 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16.

Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов представлены в таблицах 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17.

Результаты определения прочностных характеристик грунтов методом одноплоскостного среза по неконсолидированно-недренированной схеме приведены на рисунках 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20.

Результаты определения деформационных характеристик грунтов методом компрессионного сжатия представлены на рисунках 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21.

Нормативные и расчётные значения физико-механических характеристик грунтов, выделенных ИГЭ приведены в приложении 4.

Данные о коррозионных свойствах грунтов приведены в приложении 5.

#### **Четвертичная система Q**

#### **Верхнечетвертичные отложения Q III**

#### ***Озёрно-ледниковые отложения - lg III***

**ИГЭ 1** – суглинки тяжелые пылеватые полутвердые, слоистые, ожелезнённые. Средняя плотность составляет 2,03 г/см<sup>3</sup>, средний коэффициент пористости 0,661, средняя величина природной влажности 0,235. Модуль общей деформации E = 12 МПа.

Таблица 2 Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ 1

Лаб №	№ выработки	Глубина отбора, м		Зерновой состав, % при размере частиц, мм										
				Галька	Гравий		Песок					Пыль		Глина
					> 10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	
3789	1	0,80	1,00		0,8	0,9	1,6	3,6	6,6	12,6	12,0	11,8	22,1	28,0
3779	2	1,00	1,20				0,2	0,7	1,2	1,5	3,8	6,9	42,0	43,7
3815	3	0,80	1,00			0,4	1,3	2,3	4,1	7,3	8,3	9,5	34,0	32,8
3799	4	0,80	1,00			0,8	1,1	1,3	1,9	2,7	11,6	17,6	32,6	30,4
3807а	5	0,30	0,50				0,1	0,4	0,7	1,9	6,3	8,5	37,5	44,6
3807	5	0,80	1,00						0,1	0,4	3,6	5,8	40,3	49,8
Средние значения					0,1	0,3	0,7	1,4	2,4	4,4	7,6	10,0	34,7	38,4

Таблица 3 Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ 1

Лаб №	№ выработки	Глубина отбора, м		Плотность, г/см <sup>3</sup>			Коэф. пористости	Влажность, доли ед.			Число пластич., доли ед.	Коэф. водонасыщенности	Показатель консистенц., дол.ед.	
								прир.	на границе					
				текуч.	раскат.									
					от	до		Част. грунта	Скелета гр.	Грунта			е	W
3789а	1	0,30	0,50	2,73	1,67	2,04	0,635	0,225	0,343	0,206	0,137	0,96	0,14	-0,05
3789	1	0,80	1,00	2,73	1,67	2,05	0,635	0,224	0,326	0,200	0,126	0,97	0,19	-0,07
3779а	2	0,30	0,50	2,73	1,68	2,05	0,625	0,220	0,326	0,198	0,128	0,96	0,17	-0,02
3779	2	1,00	1,20	2,75	1,58	2,00	0,741	0,266	0,395	0,231	0,164	0,99	0,21	-0,02
3815а	3	0,30	0,50	2,74	1,64	2,03	0,671	0,238	0,357	0,202	0,155	0,97	0,23	-0,01
3815	3	0,80	1,00	2,73	1,70	2,06	0,606	0,212	0,328	0,203	0,125	0,95	0,07	-0,09
3799а	4	0,30	0,50	2,73	1,64	2,03	0,665	0,235	0,345	0,207	0,138	0,97	0,20	-0,01
3799	4	0,80	1,00	2,72	1,72	2,07	0,581	0,206	0,324	0,200	0,124	0,96	0,05	-0,12
3807а	5	0,30	0,50	2,74	1,58	1,99	0,734	0,256	0,389	0,226	0,163	0,96	0,18	-0,02
3807	5	0,80	1,00	2,76	1,58	1,99	0,747	0,262	0,400	0,220	0,180	0,96	0,23	-0,01
Средние значения				2,74	1,65	2,03	0,661	0,234	0,353	0,209	0,144	0,96	0,17	-0,05

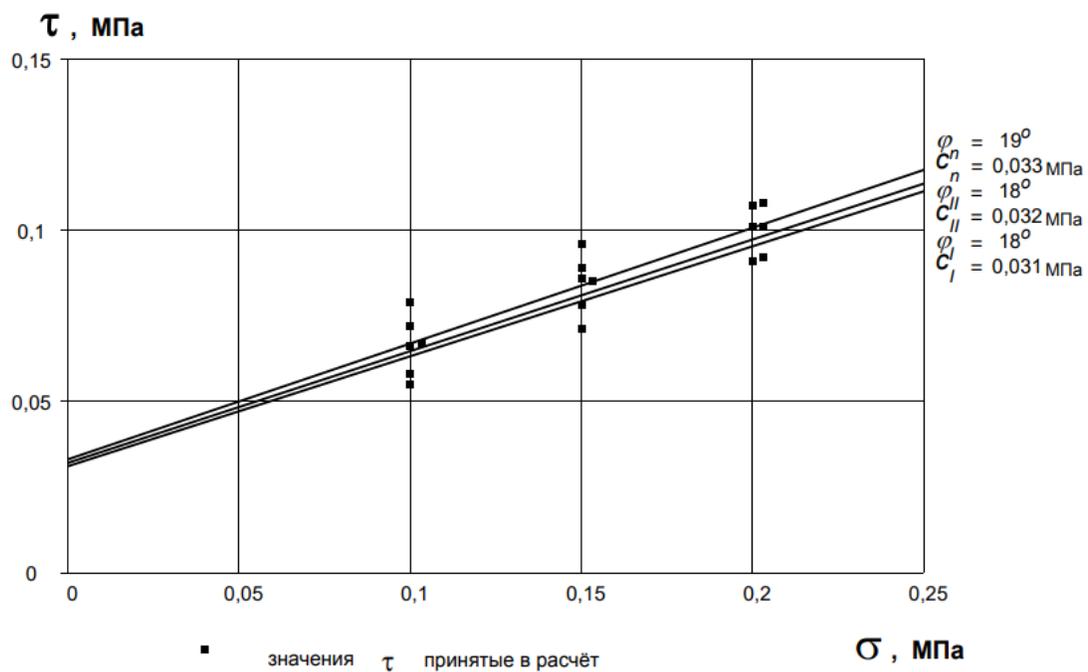


Рисунок 6 Прочностные свойства грунтов ИГЭ 1, глубины отбора образцов 0,30-1,20 м. ( $X_n$  – нормативное значение,  $X_I$  – для расчетов по несущей способности,  $X_{II}$  – для расчетов по деформации). Метод сдвиговых испытаний в соответствии с ГОСТ 12248-2010

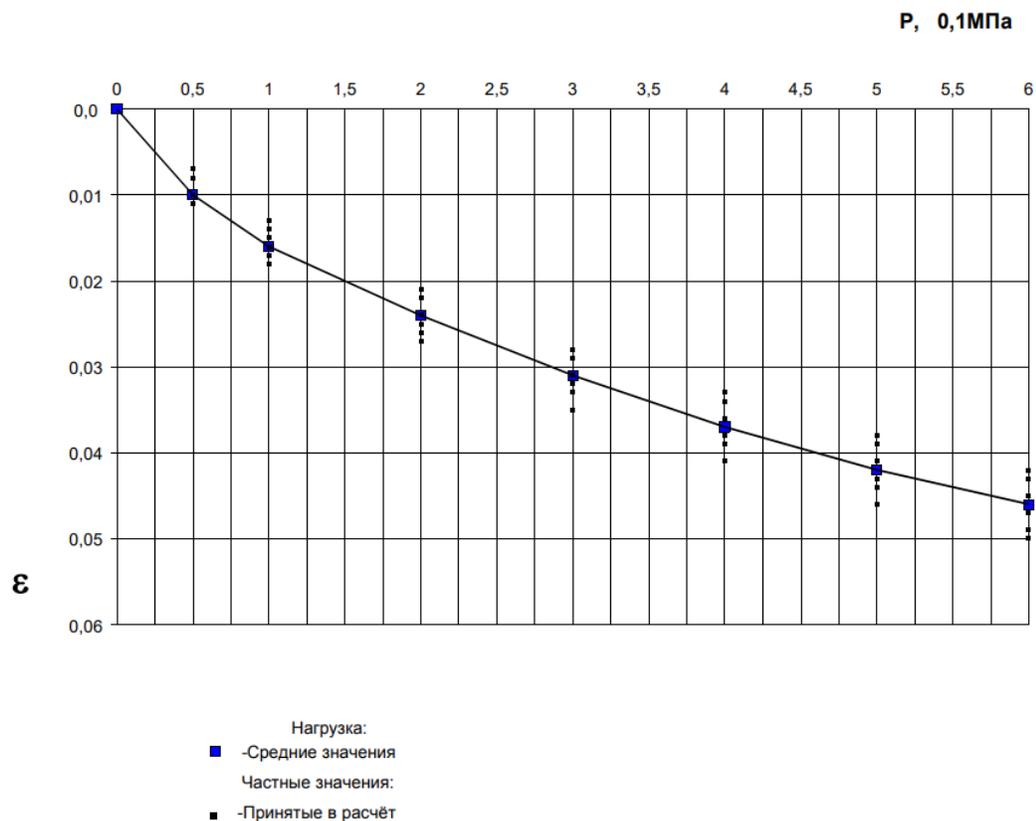


Рисунок 7 Деформационные свойства грунтов ИГЭ 1, глубины отбора образцов 0,30-1,20 м. Метод компрессионного сжатия в соответствии с ГОСТ 12248-2010

### *Ледниковые отложения - г III*

**ИГЭ 2** – супеси пылеватые твёрдые. Средняя плотность составляет 2,24 г/см<sup>3</sup>, средний коэффициент пористости 0,352, средняя величина природной влажности 0,125. Модуль общей деформации E = 15 МПа.

Таблица 4 Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ 2

Лаб №	№ выработ ки	Глубина отбора, м		Зерновой состав, % при размере частиц, мм										
				Галька	Гравий		Песок			Пыль		Глина		
		от	До	> 10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,002	<0,002
3823	1	1,20	1,40	0,7	1,6	2,5	2,6	4,7	9,3	11,3	13,5	19,0	16,3	18,5
3780	2	1,80	2,00		0,8	1,0	2,5	3,6	7,6	9,5	8,7	22,3	24,6	19,4
3816	3	1,40	1,60	1,0	1,0	1,4	1,3	3,6	9,3	12,5	13,3	22,5	14,5	19,6
3817	3	1,80	2,00	0,9	1,1	1,5	2,4	4,8	10,6	11,8	12,0	17,3	18,4	19,2
3800	4	1,50	1,70	0,8	1,1	1,6	3,4	4,6	11,5	11,6	12,3	20,5	14,1	18,5
3808	5	2,00	2,20		1,2	2,2	2,2	6,4	10,6	14,3	13,0	16,9	13,9	19,3
Средние значения				0,6	1,1	1,7	2,4	4,6	9,8	11,8	12,1	19,8	17,0	19,1

Таблица 5 Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ 2

Лаб №	№ выработки	Глубина отбора, м		Плотность, г/см <sup>3</sup>			Кэфф. пористости	Влажность, доли ед.			Число пластич., доли ед.	Кэфф. водонасыщенности	Показатель консистенц., дол.ед.				
								прир.	на границе								
		от	до	Част. гр.	Скелета гр.	Грунта			е	W			текуч. W <sub>L</sub>	раскат. W <sub>P</sub>	I <sub>P</sub>	S <sub>r</sub>	I <sub>L</sub>
								ρ <sub>s</sub>									
3823	1	1,20	1,40	2,69	1,99	2,24	0,352	0,126	0,195	0,132	0,063	0,96	-0,10				
3824	1	1,60	1,80	2,69	2,01	2,25	0,338	0,121	0,193	0,128	0,065	0,96	-0,11				
3780	2	1,80	2,00	2,69	1,98	2,23	0,359	0,129	0,188	0,131	0,057	0,96	-0,04				
3780a	2	2,80	3,00	2,69	1,99	2,24	0,352	0,123	0,197	0,129	0,068	0,95	-0,09				
3816	3	1,40	1,60	2,69	1,99	2,24	0,352	0,125	0,201	0,137	0,064	0,96	-0,19				
3817	3	1,80	2,00	2,70	1,98	2,23	0,364	0,129	0,205	0,136	0,069	0,95	-0,10				
3800	4	1,50	1,70	2,69	1,96	2,22	0,372	0,135	0,205	0,137	0,068	0,97	-0,03				
3800a	4	1,80	2,00	2,69	1,99	2,24	0,352	0,125	0,198	0,130	0,068	0,96	-0,07				
3808	5	2,00	2,20	2,70	2,02	2,26	0,337	0,120	0,200	0,131	0,069	0,96	-0,16				
3808a	5	2,80	3,00	2,70	2,02	2,26	0,337	0,120	0,199	0,130	0,069	0,96	-0,14				
Средние значения				2,69	1,99	2,24	0,352	0,125	0,198	0,132	0,066	0,95	-0,11				

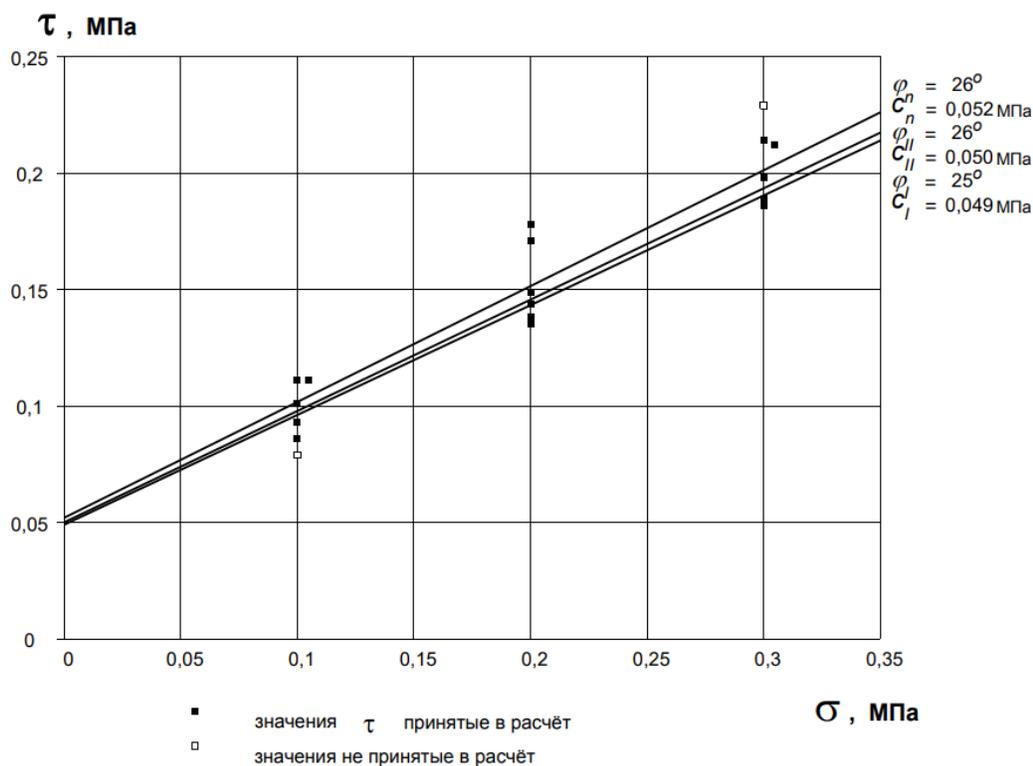


Рисунок 8 Прочностные свойства грунтов ИГЭ 2, глубины отбора образцов 1,20-3,00 м. (X<sub>н</sub> – нормативное значение, X<sub>I</sub> – для расчетов по несущей способности, X<sub>II</sub> – для расчетов по деформации). Метод сдвиговых испытаний в соответствии с ГОСТ 12248-2010

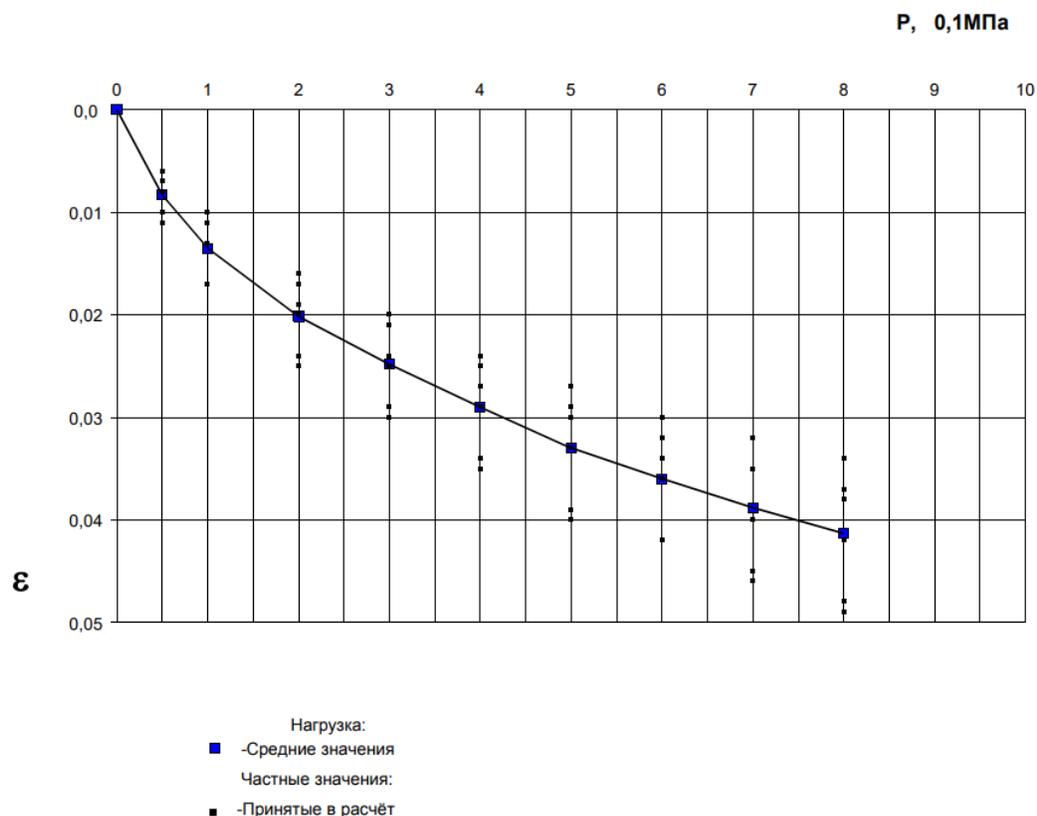


Рисунок 9 Деформационные свойства грунтов ИГЭ 2, глубины отбора образцов 1,20-3,00 м. Метод компрессионного сжатия в соответствии с ГОСТ 12248-2010

**ИГЭ 3** – супеси пылеватые пластичные. Средняя плотность составляет  $2,13 \text{ г/см}^3$ , средний коэффициент пористости 0,394, средняя величина природной влажности 0,181. Модуль общей деформации  $E = 13 \text{ МПа}$ .

Таблица 6 Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ 3

Лаб №	№ выработ ки	Глубина отбора, м		Зерновой состав, % при размере частиц, мм										
				Галька	Гравий		Песок			Пыль		Глина		
		от	До	> 10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,002	<0,002
3790	1	2,50	2,70	1,2	0,7	1,7	1,6	4,7	8,0	11,8	10,4	20,5	19,8	19,6
3791	1	3,20	3,40		1,0	1,5	1,2	5,2	6,9	10,5	12,6	21,0	20,3	19,8
3829	3	2,20	2,40		2,1	2,8	2,6	3,9	9,6	12,3	10,5	21,2	16,6	18,4
3830	3	3,00	3,20	1,5	1,8	2,3	3,1	5,6	9,9	11,0	14,5	17,9	14,2	18,2
3801	4	3,00	3,20		1,7	1,7	1,0	4,2	7,8	11,2	13,0	25,1	14,5	19,8
3809	5	3,80	4,00		0,9	1,6	1,4	4,6	8,2	12,6	14,7	20,3	16,8	18,9
Средние значения				1,3	1,4	1,9	1,8	4,7	8,4	11,6	12,6	21,0	17,0	19,1

Таблица 7 Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ 3

Лаб №	№ выработки	Глубина отбора, м		Плотность, г/см <sup>3</sup>			Кэфф. пористости	Влажность, доли ед.			Число пластич., доли ед.	Кэфф. водонасыщенности	Показатель консистенц., дол.ед.	
		от	до	Частиц грунта	Скелета грунта	Грунта		прир.	на границе					
									текуч.	раскат.				
				$\rho_s$	$\rho_d$	$\rho$							$e$	$W$
3790а	1	2,00	2,20	2,69	1,93	2,20	0,394	0,140	0,191	0,126	0,065	0,96	0,22	-0,01
3790	1	2,50	2,70	2,70	1,92	2,20	0,406	0,145	0,200	0,131	0,069	0,97	0,20	-0,02
3791	1	3,20	3,40	2,69	1,90	2,18	0,416	0,150	0,199	0,131	0,068	0,96	0,28	-0,01
3829	3	2,20	2,40	2,69	1,94	2,21	0,387	0,137	0,182	0,117	0,065	0,96	0,31	-0,09
3830	3	3,00	3,20	2,69	1,94	2,21	0,387	0,139	0,186	0,123	0,064	0,97	0,26	-0,02
3831	3	3,60	3,80	2,69	1,98	2,23	0,359	0,129	0,182	0,123	0,059	0,96	0,10	-0,17
3801а	4	2,20	2,40	2,69	1,93	2,20	0,394	0,140	0,191	0,123	0,068	0,96	0,25	-0,01
3801	4	3,00	3,20	2,69	1,91	2,19	0,408	0,144	0,197	0,130	0,067	0,96	0,21	-0,01
3809а	5	3,20	3,40	2,69	1,97	2,23	0,365	0,130	0,183	0,118	0,065	0,96	0,18	-0,03
3809	5	3,80	4,00	2,68	1,87	2,16	0,433	0,157	0,200	0,148	0,052	0,97	0,17	-0,01
Средние значения				2,69	1,93	2,20	0,394	0,141	0,191	0,127	0,064	0,97	0,22	-0,01

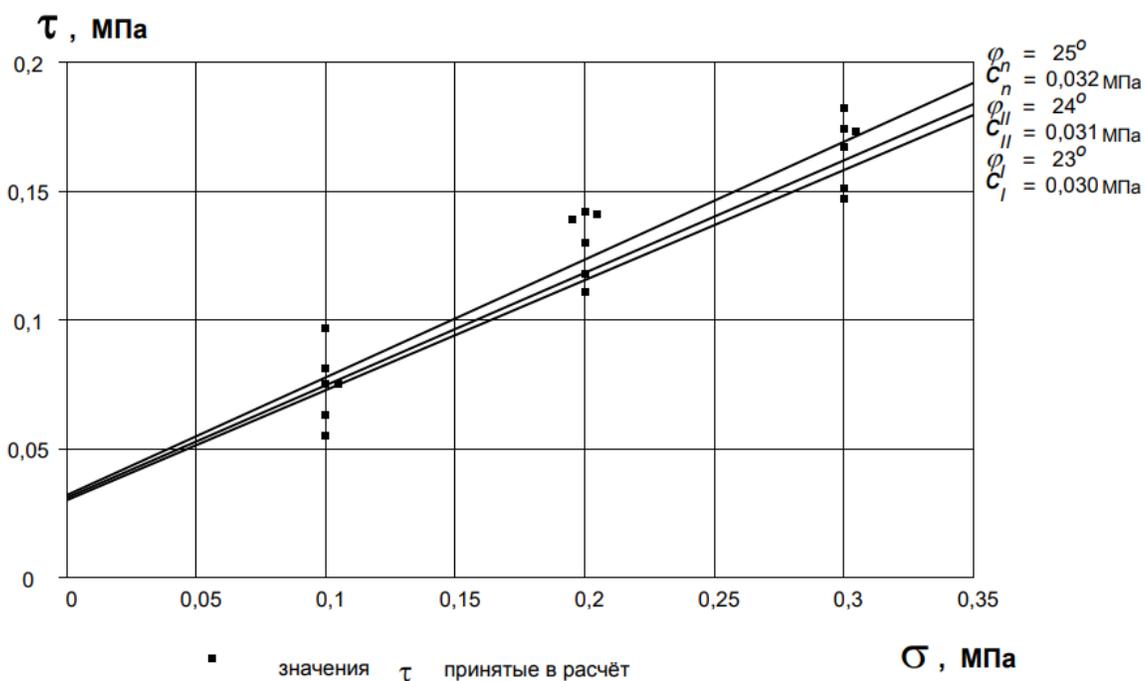


Рисунок 10 Прочностные свойства грунтов ИГЭ 3, глубины отбора образцов 2,00-4,00 м. ( $X_n$  – нормативное значение,  $X_I$  – для расчетов по несущей способности,  $X_{II}$  – для расчетов по деформации). Метод сдвиговых испытаний в соответствии с ГОСТ 12248-2010

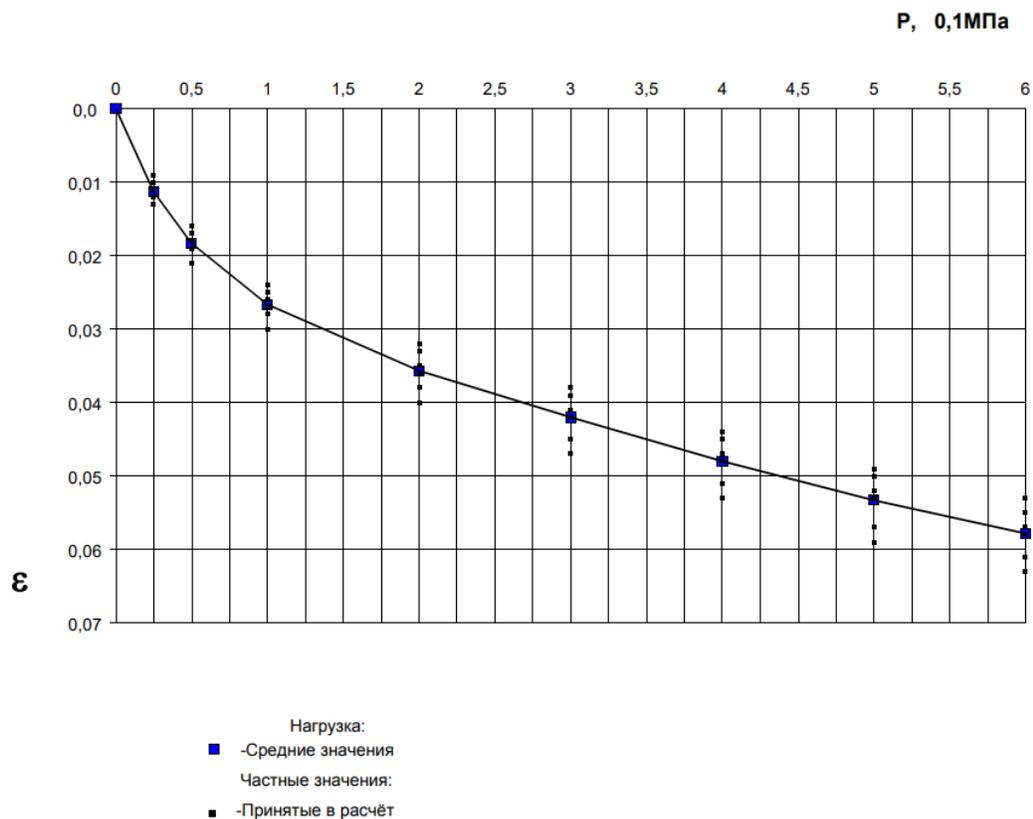


Рисунок 11 Деформационные свойства грунтов ИГЭ 3, глубины отбора образцов 2,00-4,00 м. Метод компрессионного сжатия в соответствии с ГОСТ 12248-2010

**ИГЭ 4** – суглинки лёгкие пылеватые мягкопластичные. Средняя плотность составляет 2,05 г/см<sup>3</sup>, средний коэффициент пористости 0,629, средняя величина природной влажности 0,225. Модуль общей деформации E = 9 МПа.

Таблица 8 Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ 4

Лаб №	№ выработки	Глубина отбора, м		Зерновой состав, % при размере частиц, мм										
				Галька		Гравий		Песок				Пыль		Глина
		от	До	> 10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,002	<0,002
3793	1	8,60	8,80	1,2	2,3	2,8	1,6	2,5	3,6	5,2	5,5	23,6	22,8	28,9
3827	2	8,40	8,60	0,3	1,4	2,3	1,6	2,3	3,1	5,3	12,6	11,2	21,9	28,0
3828	2	9,40	9,60	0,6	1,5	2,0	2,3	2,8	4,3	6,2	10,2	12,5	28,0	29,6
3803	4	9,00	9,20	5,3	0,2	0,4	0,6	1,5	2,7	4,7	5,7	23,7	25,8	29,4
3810	5	6,00	6,20		1,0	1,3	1,6	2,8	3,6	4,6	13,6	20,0	23,0	28,5
3811	5	8,60	8,80		0,9	1,6	2,4	3,2	4,3	4,1	12,2	21,3	21,0	29,0
Средние значения				1,2	1,2	1,7	1,7	2,5	3,6	5,0	10,0	18,7	25,4	29,0

Таблица 9 Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ 4

Лаб №	№ выработки	Глубина отбора, м		Плотность, г/см <sup>3</sup>			Кэфф. пористости	Влажность, доли ед.			Число пластич., доли ед.	Кэфф. водонасыщенности	Показатель консистенц., дол.ед.	
								прир.	на границе					
		от	до	Части грунта	Скелета грунта	Грунта			текуч.	раскат.				
		$\rho_s$	$\rho_d$	$\rho$	$e$	$W$		$W_L$	$W_P$	$I_p$			$S_r$	$I_L$
3825	1	4,20	4,40	2,72	1,63	2,02	0,394	0,140	0,191	0,126	0,065	0,96	0,22	-0,01
3793	1	8,60	8,80	2,72	1,70	2,07	0,406	0,145	0,200	0,131	0,069	0,97	0,20	-0,02
3827	2	8,40	8,60	2,72	1,65	2,04	0,416	0,150	0,199	0,131	0,068	0,96	0,28	-0,01
3828	2	9,40	9,60	2,72	1,66	2,03	0,387	0,137	0,182	0,117	0,065	0,96	0,31	0,09
3832	3	8,20	8,40	2,72	1,64	2,04	0,387	0,139	0,186	0,123	0,064	0,97	0,26	-0,02
3835	4	4,40	4,60	2,72	1,66	2,03	0,359	0,129	0,182	0,123	0,059	0,96	0,10	-0,17
3803	4	9,00	9,20	2,72	1,69	2,04	0,394	0,140	0,191	0,123	0,068	0,96	0,25	-0,01
3810a	5	5,00	5,20	2,72	1,65	2,03	0,408	0,144	0,197	0,130	0,067	0,96	0,21	0,01
3810	5	6,00	6,20	2,72	1,72	2,08	0,365	0,130	0,183	0,118	0,065	0,96	0,18	-0,03
3811	5	8,60	8,80	2,71	1,72	2,08	0,433	0,157	0,200	0,148	0,052	0,97	0,17	-0,01
Средние значения				2,72	1,67	2,05	0,394	0,141	0,191	0,127	0,064	0,97	0,22	-0,01

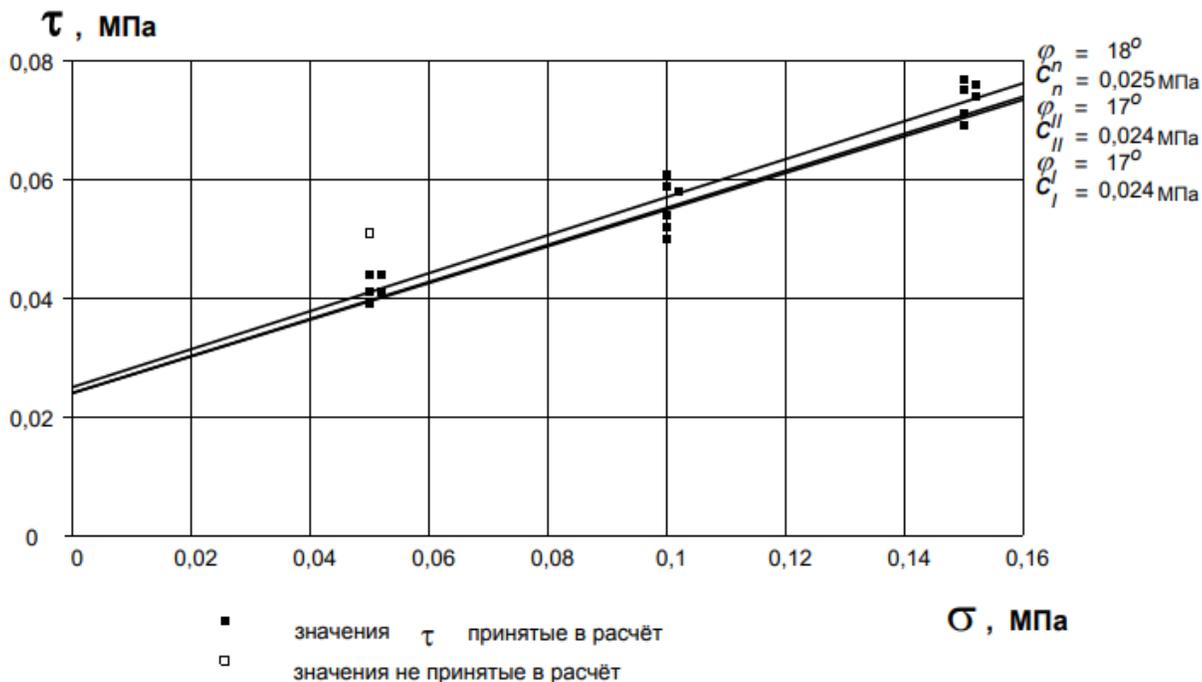


Рисунок 12 Прочностные свойства грунтов ИГЭ 4, глубины отбора образцов 4,20-9,20 м. ( $X_n$  – нормативное значение,  $X_l$  – для расчетов по несущей способности,  $X_{II}$  – для расчетов по деформации). Метод сдвиговых испытаний в соответствии с ГОСТ 12248-2010

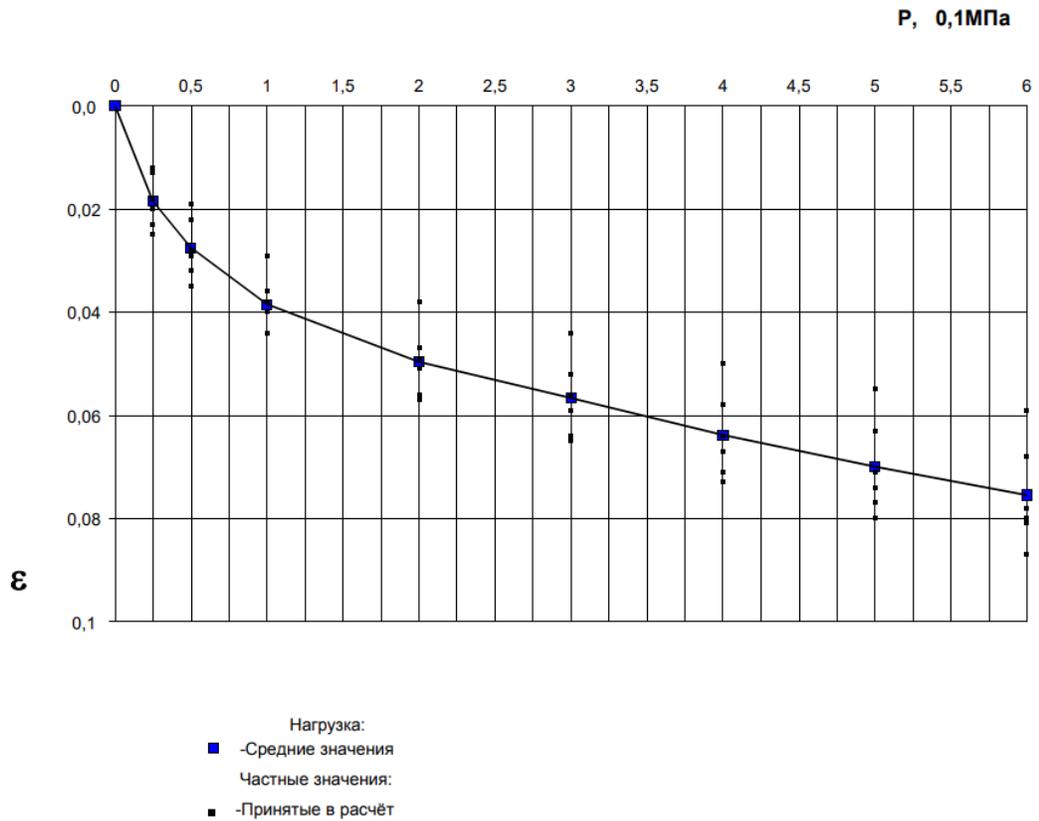


Рисунок 13 Деформационные свойства грунтов ИГЭ 4, глубины отбора образцов 4,20-9,20 м. Метод компрессионного сжатия в соответствии с ГОСТ 12248-2010

**ИГЭ 5** – пески пылеватые плотные красновато-коричневые насыщенные водой с прослоями глины, песчаника. Средняя плотность составляет  $2,07 \text{ г/см}^3$ , средний коэффициент пористости 0,581, средняя величина природной влажности 0,206. Модуль общей деформации  $E = 11 \text{ МПа}$ .

Таблица 10 Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ 5

Лаб №	№ выработки	Глубина отбора, м		Зерновой состав, % при размере частиц, мм										
				Галька	Гравий		Песок					Пыль		Глина
		от	До	> 10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,002	<0,002
3792	1	6,50	6,70	12,6	0,6	0,8	0,8	2,3	3,5	5,8	10,1	14,9	21,6	27,0
3781	2	3,30	3,50	0,5	1,0	1,0	1,1	1,5	3,3	7,0	10,1	12,5	34,3	27,7
3782	2	5,00	5,20	7,8	0,9	1,0	1,1	2,8	4,5	6,7	10,2	16,1	20,3	28,6
3784	2	7,40	7,60	Включений > 2 мм – 1,5 %										
3819	3	7,00	7,20	Включений > 2 мм – 2,5 %										
3802	4	6,00	6,20		0,5	0,7	2,0	4,3	6,9	7,2	12,3	18,6	22,5	25,0
3812	5	7,20	7,40	1,7	2,9	4,1	0,6	1,6	2,6	4,7	5,7	22,6	24,9	28,6
Средние значения				4,5	1,2	1,5	1,1	2,5	4,2	6,3	9,7	16,9	24,7	27,4

Таблица 11 Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ 5

Лаб №	№ выработки	Глубина отбора, м		Плотность, г/см <sup>3</sup>			Кэфф. пористости	Влажность, доли ед.			Число пластич., доли ед.	Кэфф. водонасыщенности	Показатель консистенц., дол.ед.	
								прир.	на границе					
		от	до	Частиц грунта	Скелета грунта	Грунта	е		прир.	текуч.	раскат.	Ip	St	IL
		ρs	ρd	ρ	е	W	WL	WP	Ip	St	IL	Cv		
3826	1	5,20	5,40	2,72	1,70	2,06	0,600	0,215	0,286	0,190	0,096	0,97	0,26	0,06
3792	1	6,50	6,70	2,72	1,71	2,07	0,591	0,209	0,277	0,182	0,095	0,97	0,28	0,08
3781	2	3,30	3,50	2,71	1,73	2,08	0,566	0,200	0,263	0,177	0,086	0,96	0,27	0,07
3782	2	5,00	5,20	2,72	1,73	2,08	0,572	0,203	0,279	0,175	0,104	0,96	0,27	0,08
3784	2	7,40	7,60	2,71	1,77	2,11	0,531	0,190	0,245	0,169	0,076	0,97	0,28	0,09
3819	3	7,00	7,20	2,72	1,73	2,08	0,572	0,204	0,282	0,168	0,114	0,97	0,32	0,1
3802	4	6,00	6,20	2,71	1,69	2,05	0,604	0,215	0,277	0,194	0,083	0,96	0,25	0,05
3802a	4	7,40	7,60	2,72	1,70	2,06	0,600	0,215	0,286	0,189	0,097	0,97	0,27	0,07
3812	5	7,20	7,40	2,72	1,73	2,08	0,572	0,205	0,272	0,165	0,107	0,97	0,37	0,16
Средние значения				2,72	1,72	2,07	0,581	0,206	0,274	0,179	0,095	0,96	0,28	0,08

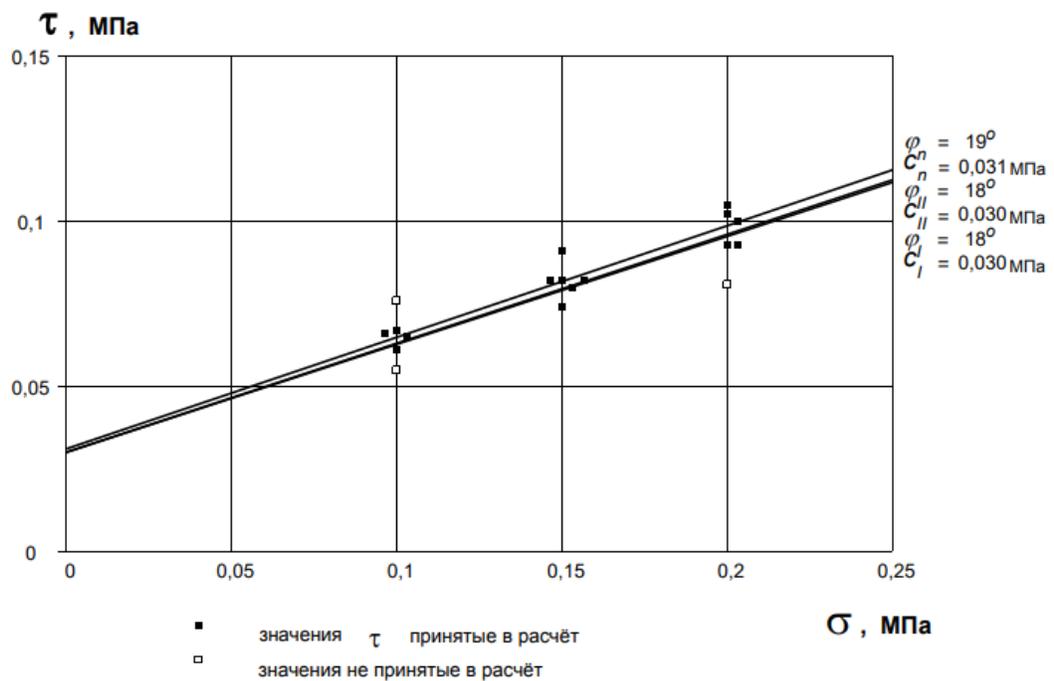


Рисунок 14 Прочностные свойства грунтов ИГЭ 5, глубины отбора образцов 3,30-7,60 м. ( $X_n$  – нормативное значение,  $X_I$  – для расчетов по несущей способности,  $X_{II}$  – для расчетов по деформации). Метод сдвиговых испытаний в соответствии с ГОСТ 12248-2010

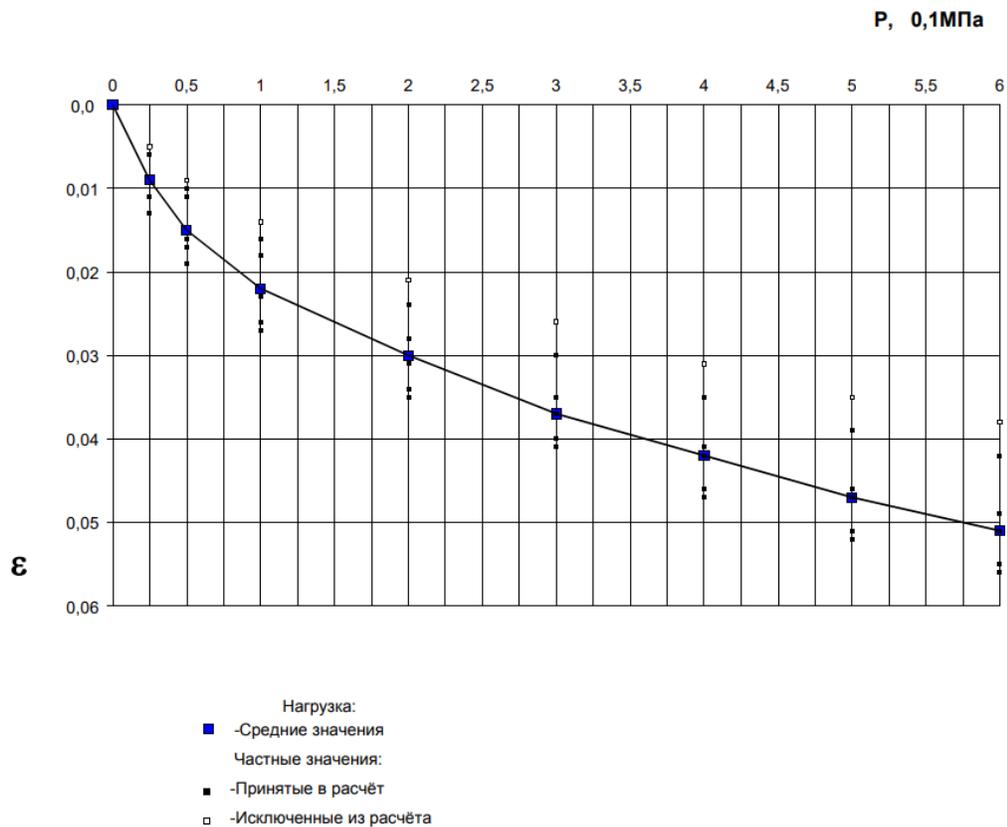


Рисунок 15 Деформационные свойства грунтов ИГЭ 5, глубины отбора образцов 3,30-7,60 м. Метод компрессионного сжатия в соответствии с ГОСТ 12248-2010

**ИГЭ 6** – суглинки тяжёлые пылеватые полутвёрдые, обогащённые глинистым материалом кембрия. Средняя плотность составляет 2,04 г/см<sup>3</sup>, средний коэффициент пористости 0,645, средняя величина природной влажности 0,226. Модуль общей деформации E = 14 МПа.

Таблица 12 Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ 6

Лаб №	№ выработки	Глубина отбора, м		Зерновой состав, % при размере частиц, мм										
				Галька		Гравий		Песок				Пыль		Глина
		от	До	> 10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,002	<0,002
3794	1	10,00	10,20	0,8	0,9	1,2	2,6	3,1	3,5	3,7	6,6	11,0	28,1	38,5
3783	2	11,00	11,20	0,5	1,0	1,0	2,6	3,3	3,8	4,3	7,6	21,6	20,3	34,0
3833	3	9,10	9,30	1,0	1,6	1,5	3,1	3,6	4,2	5,1	6,2	13,2	25,3	35,2
3834	3	10,20	10,40	0,8	2,3	2,5	4,2	4,8	5,3	6,2	7,5	10,9	22,0	33,5
3836	4	10,00	10,20	0,8	1,3	1,6	2,2	3,1	4,2	5,3	6,1	13,2	21,6	40,6
3838	5	9,80	10,00	1,3	2,6	3,5	4,1	5,3	5,3	6,6	6,2	9,9	20,6	34,6
Средние значения				0,9	1,6	1,9	3,1	3,9	4,4	5,2	6,7	13,3	23,0	36,0

Таблица 13 Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ 6

Лаб №	№ выработки	Глубина отбора, м		Плотность, г/см <sup>3</sup>			Кэфф. пористости	Влажность, доли ед.			Число пластич., доли ед.	Кэфф. водонасыщенности	Показатель консистенц., дол.ед.	
								прир.	на границе					
		от	до	Части грунта	Скелета грунта	Грунта			текуч.	раскат.				
		ρ <sub>s</sub>	ρ <sub>d</sub>	ρ	W	W <sub>L</sub>		W <sub>P</sub>	I <sub>p</sub>	S <sub>r</sub>			I <sub>L</sub>	C <sub>v</sub>
3794а	1	9,00	9,20	2,73	1,64	2,02	0,665	0,235	0,363	0,223	0,140	0,96	0,09	
3794	1	10,00	10,20	2,74	1,69	2,06	0,621	0,217	0,330	0,193	0,137	0,96	0,18	
3783а	2	10,00	10,20	2,73	1,68	2,05	0,625	0,221	0,355	0,217	0,138	0,96	0,03	
3783	2	11,00	11,20	2,73	1,66	2,04	0,645	0,226	0,333	0,200	0,133	0,96	0,20	
3833	3	9,10	9,30	2,73	1,65	2,03	0,655	0,233	0,351	0,222	0,129	0,97	0,09	
3834	3	10,20	10,40	2,73	1,65	2,03	0,655	0,230	0,349	0,219	0,130	0,96	0,08	
3836	4	10,00	10,20	2,74	1,65	2,03	0,661	0,231	0,351	0,205	0,146	0,96	0,18	
3837	4	11,00	11,20	2,73	1,65	2,03	0,655	0,229	0,345	0,210	0,135	0,96	0,14	
3838	5	9,80	10,00	2,73	1,68	2,05	0,625	0,223	0,350	0,210	0,140	0,97	0,09	
3839	5	10,80	11,00	2,73	1,68	2,05	0,625	0,220	0,345	0,206	0,139	0,96	0,10	
Средние значения				2,73	1,66	2,04	0,645	0,226	0,347	0,211	0,136	0,96	0,11	

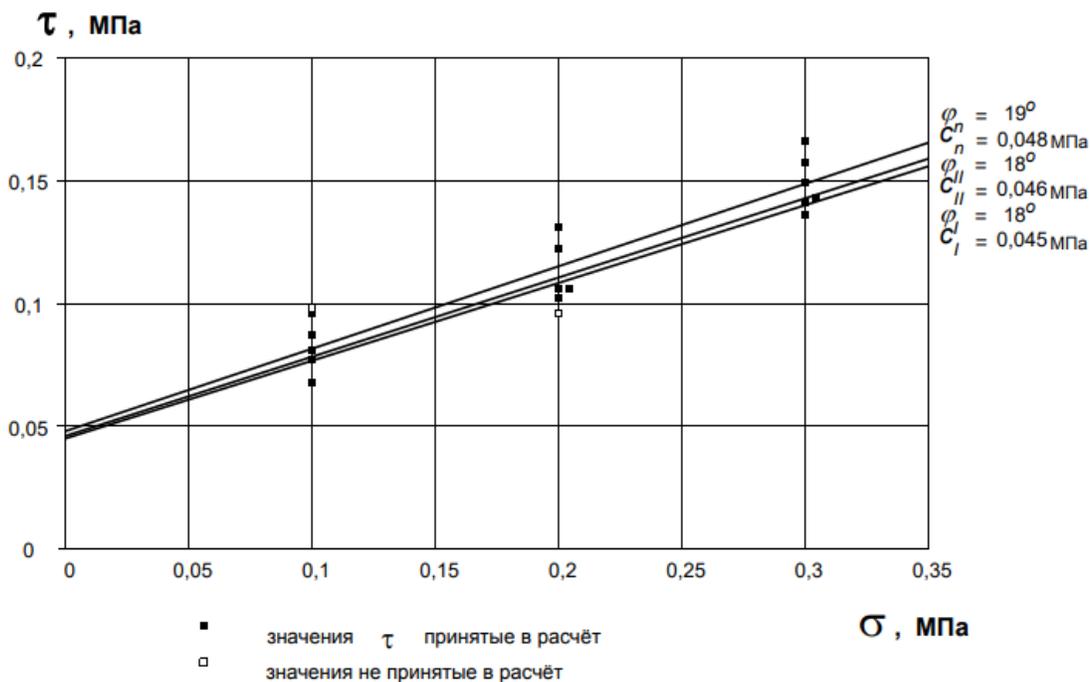


Рисунок 16 Прочностные свойства грунтов ИГЭ 6, глубины отбора образцов 9,00-11,20 м. ( $X_n$  – нормативное значение,  $X_I$  – для расчетов по несущей способности,  $X_{II}$  – для расчетов по деформации). Метод сдвиговых испытаний в соответствии с ГОСТ 12248-2010

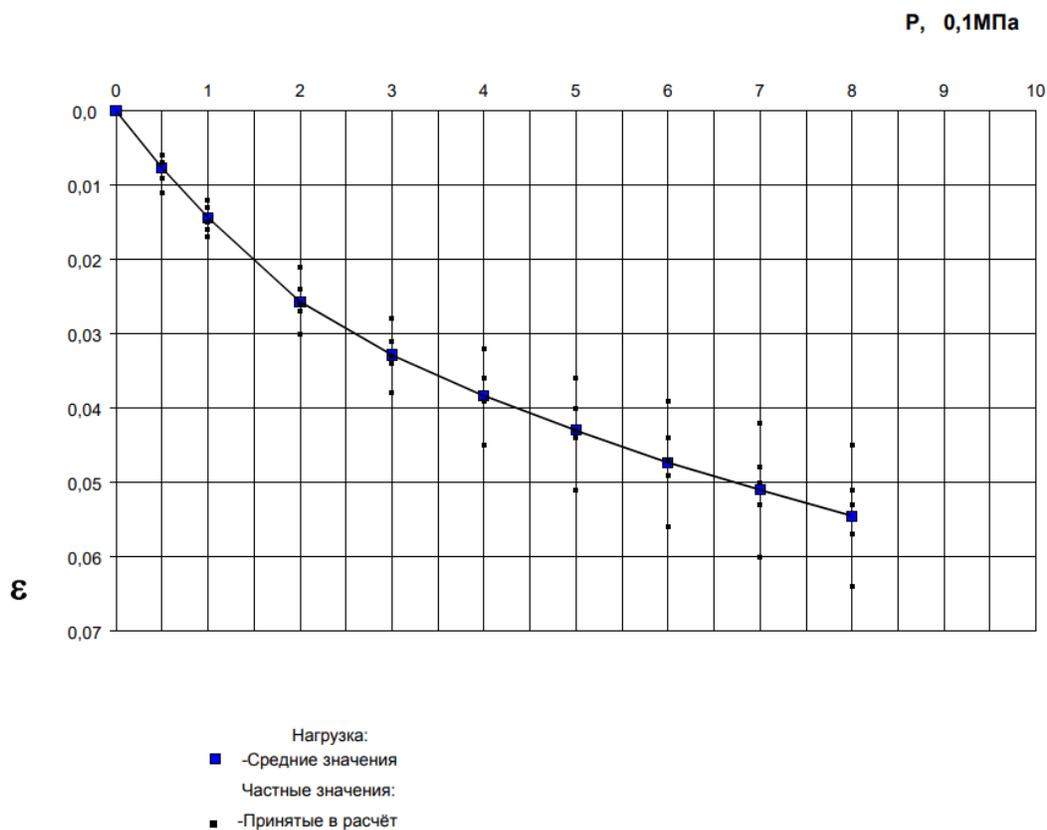


Рисунок 17 Деформационные свойства грунтов ИГЭ 6, глубины отбора образцов 9,00-11,20 м. Метод компрессионного сжатия в соответствии с ГОСТ 12248-2010

### *Кембрийская система*

#### *Нижний отдел $\epsilon_1$*

**ИГЭ 7** – глины лёгкие пылеватые твёрдые, дислоцированные. Средняя плотность составляет  $2,07 \text{ г/см}^3$ , средний коэффициент пористости  $0,645$ , средняя величина природной влажности  $0,223$ . Модуль общей деформации  $E = 16 \text{ МПа}$ .

Таблица 14 Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ 7

Лаб №	№ выработки	Глубина отбора, м		Зерновой состав, % при размере частиц, мм										
				Галька	Гравий		Песок				Пыль		Глина	
		от	До	> 10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,002	<0,002
3795	1	13,00	13,20				0,1	0,1	0,1	0,2	2,6	15,1	30,3	51,5
3785	2	13,00	13,20					0,1	0,3	0,6	9,1	18,8	24,2	46,9
3820	3	11,20	11,40					0,1	0,1	0,5	4,1	17,9	28,3	49,0
3821	3	13,00	13,20					0,1	0,1	0,4	4,3	18,0	26,3	50,8
3805	4	12,00	12,20						0,1	0,3	3,8	6,3	34,2	55,3
3813	5	12,00	12,20						0,1	0,2	4,3	8,0	33,2	54,2
3813а	5	13,40	13,60	Включений > 2 мм – 0,0 %										
Средние значения							0,0	0,1	0,1	0,4	4,7	14,0	29,4	51,3

Таблица 15 Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ 7

Лаб №	№ выработки	Глубина отбора, м		Плотность, г/см <sup>3</sup>			Кэфф. пористости	Влажность, доли ед.			Число пластич., доли ед.	Кэфф. водонасыщенности	Показатель консистенц., дол.ед.			
								прир.	на границе							
		от	до	Частиц грунта	Скелета грунта	Грунта			е	теуч.			раскат.	Ip	St	IL
		ρs	ρd	ρ	е	W		WL	WP	Ip			St	IL	Cv	
3795а	1	11,00	11,20	2,78	1,69	2,07	0,645	0,225	0,465	0,255	0,210	0,97	-0,14			
3795	1	13,00	13,20	2,77	1,66	2,05	0,669	0,233	0,460	0,264	0,196	0,97	-0,16			
3785	2	13,00	13,20	2,77	1,67	2,06	0,659	0,236	0,439	0,240	0,199	0,99	-0,02			
3786	2	14,60	14,80	2,77	1,66	2,05	0,669	0,234	0,434	0,241	0,193	0,97	-0,04			
3820	3	11,20	11,40	2,79	1,74	2,10	0,603	0,210	0,469	0,258	0,211	0,96	-0,23			
3821	3	13,00	13,20	2,79	1,72	2,09	0,622	0,218	0,467	0,249	0,218	0,97	-0,14			
3805	4	12,00	12,20	2,79	1,70	2,08	0,641	0,220	0,503	0,269	0,234	0,96	-0,21			
3805а	4	13,80	14,00	2,78	1,71	2,08	0,626	0,214	0,454	0,243	0,211	0,96	-0,14			
3813	5	12,00	12,20	2,79	1,72	2,09	0,622	0,215	0,472	0,247	0,225	0,96	-0,14			
3813а	5	13,40	13,60	2,76	1,67	2,05	0,653	0,227	0,435	0,255	0,180	0,96	-0,16			
Средние значения				2,78	1,69	2,07	0,645	0,223	0,460	0,252	0,208	0,96	-0,14			

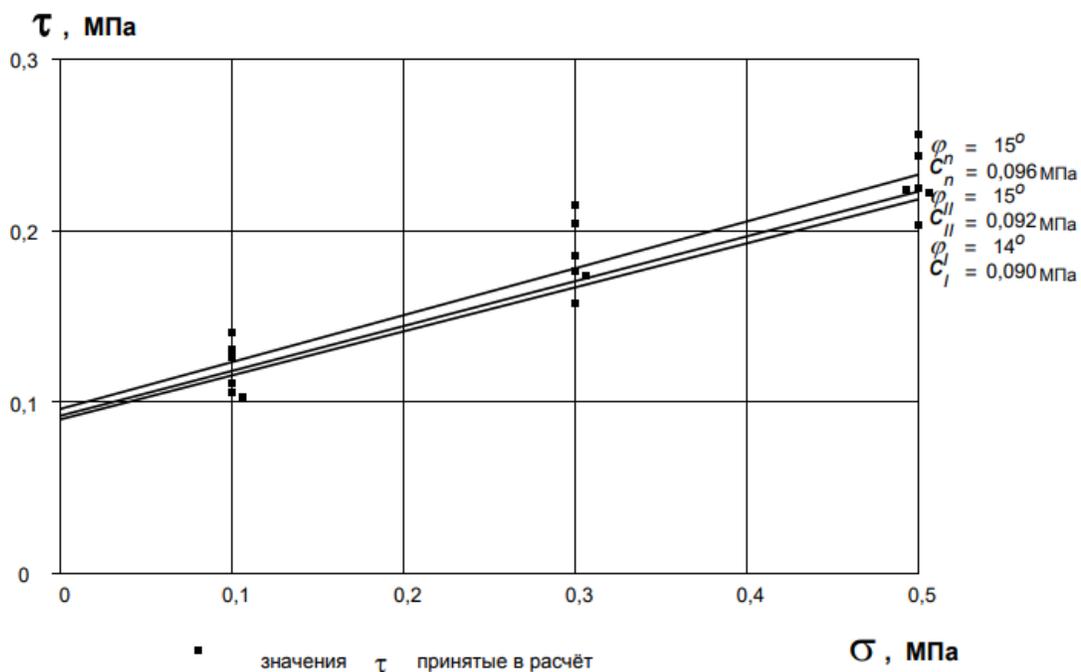


Рисунок 18 Прочностные свойства грунтов ИГЭ 7, глубины отбора образцов 11,00-14,80 м. ( $X_H$  – нормативное значение,  $X_I$  – для расчетов по несущей способности,  $X_{II}$  – для расчетов по деформации). Метод сдвиговых испытаний в соответствии с ГОСТ 12248-2010

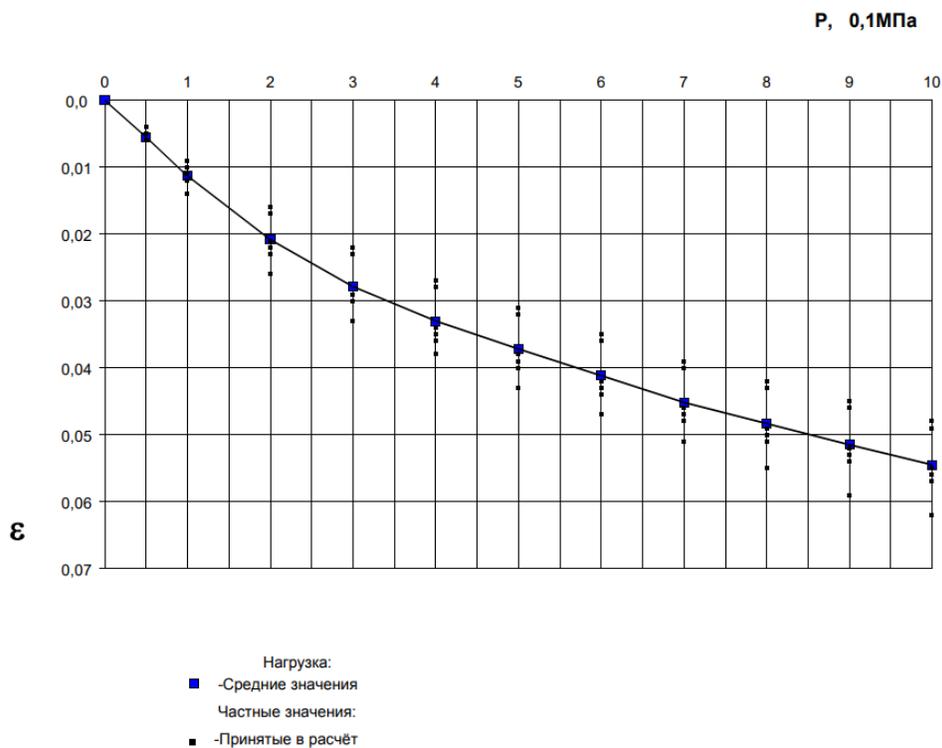


Рисунок 19 Деформационные свойства грунтов ИГЭ 7, глубины отбора образцов 11,00-14,80 м. Метод компрессионного сжатия в соответствии с ГОСТ 12248-2010

**ИГЭ 8** – глины лёгкие пылеватые твердые, слоистые. Средняя плотность составляет 2,12 г/см<sup>3</sup>, средний коэффициент пористости 0,551, средняя величина природной влажности 0,194. Модуль общей деформации E = 23 МПа.

Таблица 16 Результаты лабораторных определений гранулометрического состава грунтов ИГЭ 8

Лаб №	№ выработ ки	Глубина отбора, м		Зерновой состав, % при размере частиц, мм											
				Галька	Гравий		Песок					Пыль		Глина	
		от	До	> 10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,002	<0,002	
3796	1	15,00	15,20						0,1	0,5	3,6	14,5	33,3	48,0	
3787	2	18,00	18,20						0,1	0,2	8,6	16,5	22,3	52,3	
3788	2	21,00	21,20				0,1	0,1	0,1	0,2	10,6	7,3	30,8	50,8	
3822	3	19,00	19,20					0,1	0,1	0,3	9,6	7,0	35,2	47,7	
3806	4	20,00	20,20						0,1	0,2	4,3	10,5	37,2	47,7	
3814	5	15,00	15,20						0,1	0,1	2,8	11,5	37,3	48,2	
Средние значения								0,0	0,0	0,1	0,3	6,6	11,2	32,7	49,1

Таблица 17 Результаты лабораторных определений физических свойств грунтов ИГЭ 8

Лаб №	№ выработ ки	Глубина отбора, м		Плотность, г/см <sup>3</sup>			Кэфф. пористо сти	Влажность, доли ед.			Число пластич., доли ед.	Кэфф. водонас ыщенно сти	Показатель консистенц., дол.ед.	
				Части ц грунта	Скел ета грунта	Грун та		прир.	на границе					
		текуч.	раскат.						I <sub>p</sub>	S <sub>r</sub>			I <sub>L</sub>	C <sub>v</sub>
		от	до	ρ <sub>s</sub>	ρ <sub>d</sub>	ρ		е						
3796	1	15,00	15,20	2,74	1,75	2,10	0,566	0,202	0,385	0,238	0,147	0,97	-0,24	
3797	1	19,00	19,20	2,79	1,79	2,13	0,559	0,190	0,473	0,248	0,225	0,95	-0,26	
3798	1	21,50	21,70	2,74	1,75	2,10	0,566	0,201	0,389	0,238	0,151	0,97	-0,25	
3787	2	18,00	18,20	2,78	1,77	2,12	0,571	0,198	0,468	0,249	0,219	0,96	-0,23	
3788	2	21,00	21,20	2,79	1,78	2,13	0,567	0,196	0,476	0,249	0,227	0,97	-0,23	
3822a	3	16,00	16,20	2,75	1,79	2,13	0,536	0,188	0,424	0,248	0,176	0,97	-0,34	
3822	3	19,00	19,20	2,75	1,81	2,14	0,519	0,182	0,404	0,229	0,175	0,96	-0,27	
3804	4	15,00	15,20	2,74	1,78	2,12	0,539	0,190	0,382	0,235	0,147	0,97	-0,31	
3806	4	20,00	20,20	2,75	1,80	2,3	0,528	0,186	0,421	0,246	0,175	0,96	-0,34	
3814	5	15,00	15,20	2,76	1,76	2,11	0,568	0,200	0,418	0,241	0,177	0,97	-0,23	
3814a	5	20,80	21,00	2,76	1,76	2,11	0,568	0,197	0,421	0,244	0,177	0,96	-0,27	
Средние значения				2,76	1,78	2,12	0,551	0,194	0,424	0,242	0,182	0,97	-0,26	

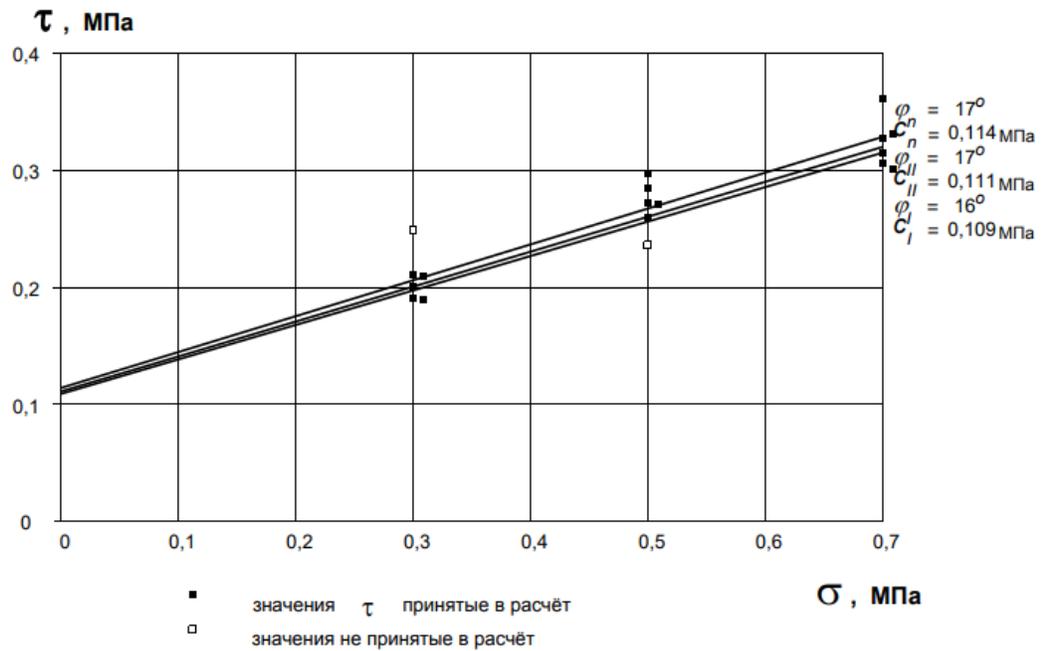


Рисунок 20 Прочностные свойства грунтов ИГЭ 8, глубины отбора образцов 15,00-21,70 м. ( $X_n$  – нормативное значение,  $X_I$  – для расчетов по несущей способности,  $X_{II}$  – для расчетов по деформации). Метод сдвиговых испытаний в соответствии с ГОСТ 12248-2010

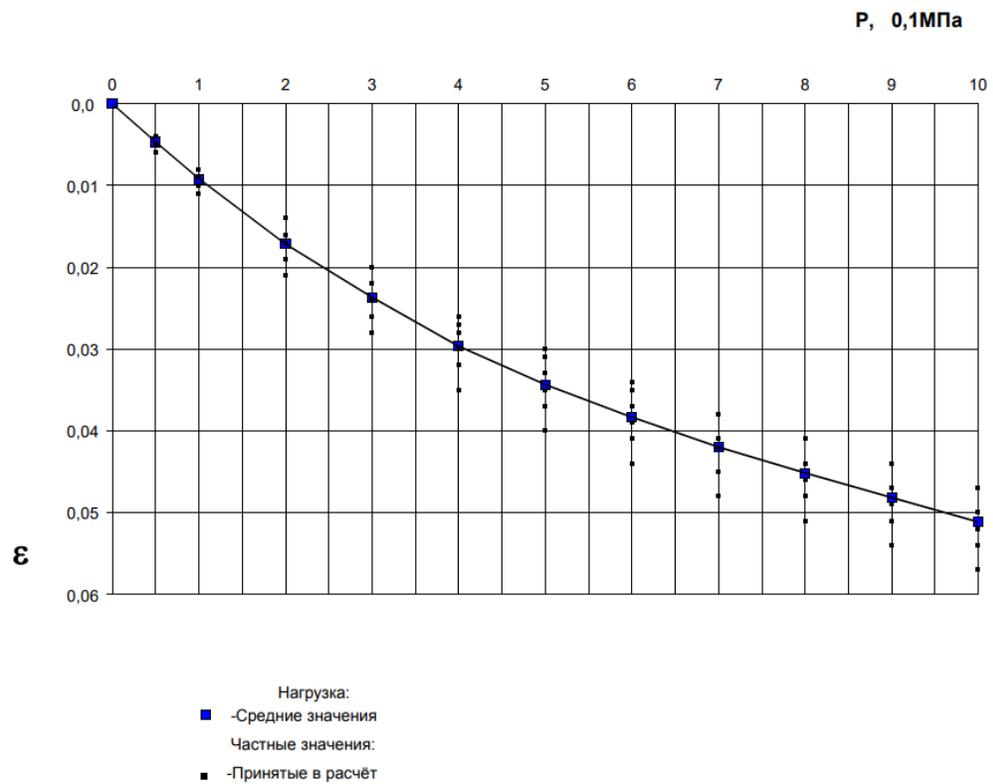


Рисунок 21 – Деформационные свойства грунтов ИГЭ 8, глубины отбора образцов 15,00-21,70 м. Метод компрессионного сжатия в соответствии с ГОСТ 12248-2010

### 3.5 Гидрогеологические условия

Гидрогеологические условия участка работ на глубину бурения 22,0 м характеризуются наличием безнапорных подземных вод, приуроченных к прослоям и линзам песков пылеватых, мелких в глинистых грунтах озёрно-ледникового (lg III) и ледникового (g III) генезисов. Подземные воды со свободной поверхностью.

В период проведения изысканий безнапорные подземные воды вскрыты на глубинах 2,80-3,20 м (абс. отм. 16,30-16,60 м). Питание происходит за счёт инфильтрации атмосферных осадков. Разгрузка осуществляется в местную гидрографическую сеть.

Максимальная многолетняя амплитуда колебания уровня подземных вод составляет 2,20 м в неблагоприятные периоды года (периоды дождей и интенсивного снеготаяния). Максимальный уровень грунтовых вод следует ожидать на абсолютной отметке ~ 18,60 м. Также из-за низкой фильтрационной способности глинистых грунтов в верхней части разреза, возможен временный застой инфильтрационных вод в почвенно-растительном слое, на кровле суглинков полутвёрдых (ИГЭ 1), с образованием "открытого зеркала" грунтовых вод.

Данные по химическому составу безнапорных подземных вод и коррозионной агрессивности представлены в виде таблиц в приложении б.

Безнапорные подземные воды неагрессивны к бетону марок W4, W6, W8 и к арматуре железобетонных конструкций при постоянном погружении и периодическом смачивании в соответствии с СП 28.13330.2017, табл. В.3, В.4, Г.2.

По отношению к свинцовой оболочке кабеля безнапорные подземные воды обладают высокой степенью коррозионной агрессивности по содержанию органических веществ и средней степенью коррозионной агрессивности по общей жесткости. По отношению к алюминиевой оболочке кабеля безнапорные подземные воды обладают высокой степенью коррозионной агрессивности по содержанию хлор-ионов и средней степенью коррозионной агрессивности по содержанию ионов железа в соответствии с табл. 3, 5 ГОСТ 9.602-2005.

### 3.6 Геологические и инженерно-геологические процессы и явления

Участок работ, в соответствии с п. 5.4.8 СП 22.13330.2016, относится к естественно подтопленной территории, поэтому следует предусмотреть защитные мероприятия от подтопления в соответствии с СП 116.13330.2012. Подтопление связано с низкой фильтрационной способностью глинистых грунтов, слагающих исследуемую территорию.

Подтопление будет происходить в неблагоприятные периоды года (периоды дождей и интенсивного снеготаяния)

В периоды года с отрицательными температурами в грунтах возникают процессы морозного пучения: слабопучинистые суглинки полутвёрдые, слоистые, ожелезнённые (ИГЭ 1) и супеси пластичные (ИГЭ 3).

Категория сложности инженерно-геологических условий – II (средняя), в соответствии с СП 47.13330.2016, приложение Г, таблица Г1.

Рассматриваемая территория расположена в сейсмически спокойном районе. Сейсмическая активность района, согласно СП 14.13330.2018, составляет 5 баллов (Технический отчёт, 2022).

## ГЛАВА 4. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЁТЫ

### 4.1 Расчёт осадки плитного фундамента методом послойного суммирования

В соответствии с техническим заданием проектируется строительство многоквартирного восьми-девятиэтажного жилого дома со встроенными помещениями, высотой 27,0 м, с размерами в плане 43,00х49,70 м. Тип фундамента: плита, с предполагаемым расчетным давлением на грунт  $\sim 15-20$  тс/м<sup>2</sup>. Абсолютная планировочная отметка поверхности составляет +20,00, +20,30 м.

Также на участке изысканий на глубинах 1,50-3,00 м планируется прокладка подземных коммуникаций: теплотрассы, водопровода, канализации, кабелей электроснабжения, сетей связи.

При устройстве фундаментной плиты на абс. отм. +18,50 м в основании будут залегать верхнечетвертичные озерно-ледниковые суглинки полутвердые, слоистые, ожелезненные (ИГЭ 1), залегающие на глубине 0,20 м (абс. отм. кровли от 19,20 до 19,40 м), мощностью от 0,80 до 1,20 м и ледниковые супеси твердые (ИГЭ 2), залегающие на глубинах 1,00 – 1,40 м (абс. отм. кровли от 18,10 до 18,60 м), мощностью от 0,80 до 1,80 м.

При устройстве подземных коммуникаций (теплотрассы, водопровода, канализации, кабелей электроснабжения, сетей связи) на глубинах 1,50-3,00 м в основании будут залегать верхнечетвертичные ледниковые супеси твердые (ИГЭ 2), залегающие на глубинах 1,00 – 1,40 м (абс. отм. кровли от 18,10 до 18,60 м), мощностью от 0,80 до 1,80 м и супеси пластичные, залегающие на глубинах 1,80 – 3,00 м (абс. отм. кровли от 16,40 до 17,60 м), мощностью от 1,00 до 1,90 м.

Расчёт конечной осадки  $S$  оснований по методу послойного суммирования производится с учетом действия только вертикальных напряжений  $\sigma_{zp}$  и  $\sigma_{zg}$ , проходящих через центр тяжести подошвы фундамента вдоль оси «Z». Схема к расчету осадки фундамента методом послойного суммирования представлена на рисунке 22.

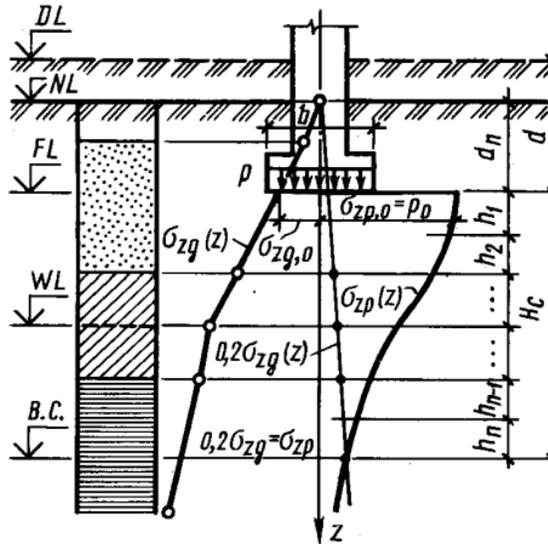


Рисунок 22 Схема к расчету осадки фундамента методом послойного суммирования: DL – поверхность планировки подсыпкой; NL – поверхность природного рельефа; FL – отметка подошвы фундамента; WL – уровень подземных вод; BC – нижняя граница сжимаемой толщи грунта; H<sub>с</sub> – сжимаемая толщина грунта

Этот метод рекомендован СП 22.13330.2016 и является основным при расчёте абсолютных осадок фундаментов промышленных зданий и гражданских сооружений. Осадка основания  $S$  рассчитывается с использованием расчетной схемы в виде линейно – деформируемого полупространства рассчитывается по формуле (1)

$$S = \beta \cdot \sum_{i=1}^n \frac{(\sigma_{zp,i} - \sigma_{zg,i}) \cdot h_i}{E_i} + \beta \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zg,i} \cdot h_i}{E_{e,i}}, \quad (1)$$

$$\sigma_{zp,i} = \alpha_i \cdot p_{II}, \quad (2)$$

$$\sigma_{zg,i} = \alpha_i \cdot \sigma_{zg,0}, \quad (3)$$

$$\alpha_i = f\left(\varepsilon = \frac{2z}{b}; \eta = \frac{l}{b}\right), \quad (4)$$

$$\sigma_{zg,i} = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot h_i, \quad (5)$$

средние значения вертикальных напряжений в  $i$ -м слое грунта от его  
 где  $\sigma_{zp,i}$  и  $\sigma_{zy,i}$  – собственного веса соответственно при природной влажности и полном  
 водонасыщении;

$h_i$  – толщина  $i$ -го слоя грунта, на которые разделена зона дополнительного сжатия  
 подстилающих грунтов;

$\sigma_{zy,i}$  – среднее значение дополнительного вертикального напряжения в  $i$ -м слое  
 подстилающего грунта при полном водонасыщении при суммарных давлениях  
 от собственного веса грунта, веса планировочной насыпи; веса сооружения с  
 учетом нагрузок на полы по грунту; технологического оборудования и т.п., а  
 также увеличение собственного веса просадочного грунта при уплотнении,  
 закреплении, повышении его влажности до полного водонасыщения и влияния  
 других факторов;

$E_i$  и  $E_{e,i}$  – модули деформаций  $i$ -го слоя подстилающего грунта при полном  
 водонасыщении и природной влажности;

$p_{II}$  – давление по подошве фундамента, кН/м<sup>2</sup>.

Таблица 18 Данные для расчётов осадки

DL	NL	FL	WL	Глуб. заложения фунд., d	Ширина фунд., b	Длина фунд., l	$p_{II}$
м	м	м	м	м	м	м	кН/м <sup>2</sup>
-0,02	0,00	-1,5	-3,00	1,48	43,50	50,20	150,00

Таблица 19 Характеристика грунта под подошвой

№ ИГЭ	толщина слоя	$\gamma_s$	$\gamma_{II}$	$W_e$	$e$	$c_{II}$	$\varphi_{II}$	$E$
	м	кН/м <sup>3</sup>	кН/м <sup>3</sup>	д.е.	д.е.	кПа	°	Мпа
3	1	11,893	22	0,141	0,394	31	24	13
5	3	10,672	10,7	0,206	0,581	30	18	11
4	1,4	10,358	10,5	0,225	0,629	24	17	9
5	1,3	10,672	10,7	0,206	0,581	30	18	11
6	2	10,317	10,4	0,226	0,645	46	18	14
7	2,8	10,615	10,7	0,223	0,645	92	15	16
8	7,5	11,132	11,2	0,194	0,551	111	17	23

По данным из таблиц 18 и 19 получаем вертикальное напряжение от собственного веса грунта на уровне подошвы фундамента FL (формула 6) и дополнительное вертикальное давление на основание (формула 7):

$$\sigma_{zg,0} = \gamma_i \cdot d, \quad (6)$$

$$p_0 = p_{II} - \sigma_{zg,0} \quad (7)$$

$$\sigma_{zg,0} = 17 \cdot 1,5 = 25,5 \text{ кН/м}^2$$

$$p_0 = 150 - 18 = 124,5 \text{ кН/м}^2$$

Для удобства расчета осадки  $S$  дальнейшие вычисления ведем в удобной для расчёта табличной форме (таблица 20) с шагом расчёта, равному 0,2 ширины фундамента (8,7 м):

Таблица 20 Расчёт дополнительных вертикальных напряжений по оси фундамента

ИГЭ	z, м	hi, м	$\xi$	$\eta$	$\alpha$	$\sigma_{zg}$ , кПа	$0,5\sigma_{zg}$ , кПа	$\sigma_{zp,i}$ , кПа	E, МПа	S, м
3	0		0,000	1,156	1	25,50	12,75	150	13	0,007977159
	1	1,00	0,047	1,156	1,000	37,39	18,70	150,07	13	0,023891544
5	4	3,00	0,186	1,156	0,997	69,41	34,71	149,50	11	0,013116492
4	5,4	1,40	0,251	1,156	0,991	83,91	41,96	148,70	9	0,014788655
5	6,7	1,30	0,312	1,156	0,984	97,79	48,89	147,55	11	0,018376791
6	8,7	2,00	0,405	1,156	0,966	137,77	68,88	144,91	14	0,019657388
7	11,5	2,80	0,535	1,156	0,930	194,30	97,15	139,49	16	0,017579143
8	14,5	3,00	0,674	1,156	0,879	256,62	128,31	131,80	23	0,011477654
	17,5	3,00	0,814	1,156	0,819	318,95	159,48	122,82	23	0,010641222

По данным таблицы 20 построены эпюры дополнительного вертикального напряжения по оси фундамента на глубине  $z$  от подошвы фундаментной плиты усиления  $\sigma_{zp}$  и вертикального напряжения от собственного веса грунта  $\sigma_{zg}$  (рисунок 23).

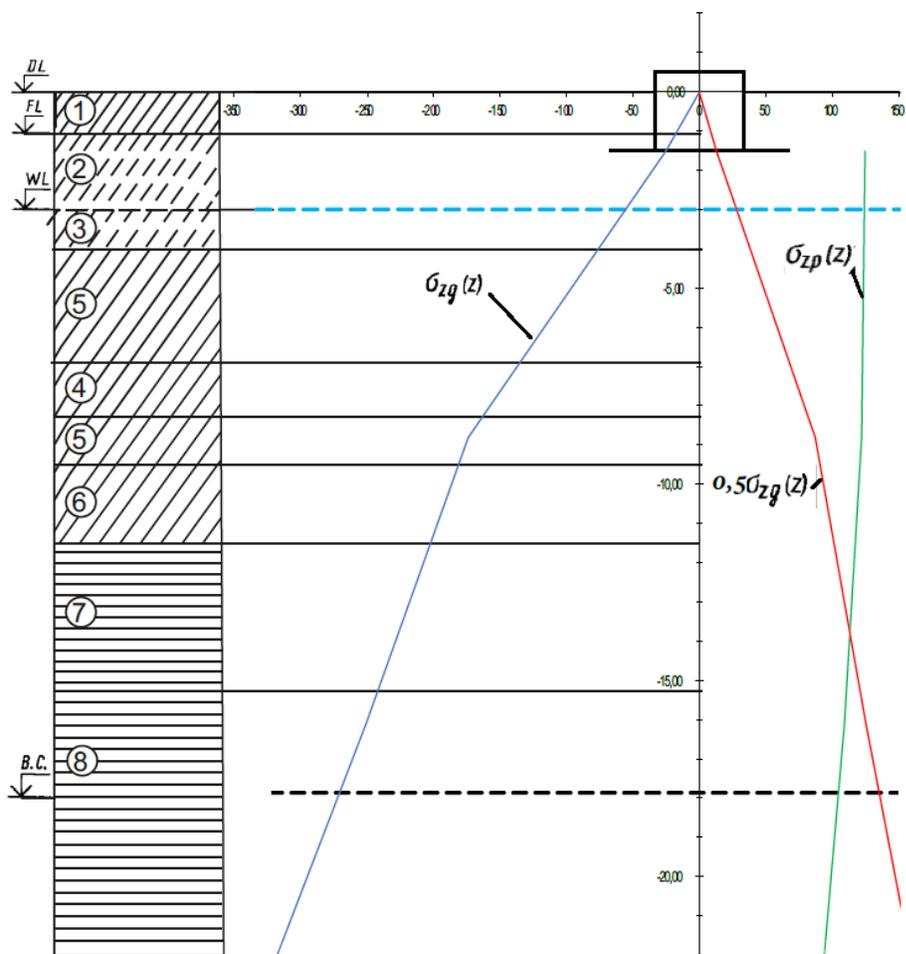


Рисунок 23 График напряжений под подошвой фундамента

Глубина сжимаемой толщи  $H_c$  находится, как глубина  $Z$  при  $0,5\sigma_{zg} = \sigma_{zp}$ . Таким образом, глубина сжимаемой толщи равна 17,5 м.

По данным таблицы, используя формулу (1) для расчета конечной осадки  $S$  по каждому из ИГЭ, в пределах сжимаемой толщи  $H_c = 17,5$  м (рисунок 23), вычисляем общую осадку фундамента:  $S = 13,8$  см.

Сравниваем полученное расчётное значение конечной осадки  $S$  со значением предельных деформаций основания  $S_u$ , принимаемой в зависимости от конструктивной системы здания или сооружения по СП 22.13330.2016 (для многоэтажных бескаркасных зданий с несущими стенами из крупных блоков или кирпичной кладки с армированием, в том числе с устройством железобетонных поясов или монолитных перекрытий, а также здания монолитной конструкции  $S_u=18$  см):  $S = 13,8$  см  $<$   $S_u = 18$  см. Условие выполняется, следовательно, фундамент запроектирован правильно.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Геологическое строение исследуемого участка до глубины 22,0 м представлено верхнечетвертичными озёрно-ледниковыми (lg III), ледниковыми (g III) и нижнекембрийскими (С<sub>1</sub>) отложениями.

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

3. Гидрогеологические условия участка работ на глубину бурения характеризуются наличием безнапорных подземных вод, приуроченных к комплексу четвертичных отложений.

4. Инженерно-геологические расчеты доказали приемлемость и экономическую целесообразность выбора фундамента – плиты для данного вида сооружения.

5. В целом участок предполагаемого строительства характеризуется средней категорией сложности инженерно-геологических условий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### *Монографии:*

1. Астахов В. И. Начала четвертичной геологии. – СПб: СПбГУ, 2008. - 224 с.
2. Бискэ Г. С. Лекции по геологии России, с основами геотектоники. Стабильные области раннедокембрийских континентов (древние платформы): Учебное пособие. – СПб: СПбГУ, 2014.
3. Бискэ Ю. С. Геология России. – СПб: СПбГУ, 2019. - 228 с.
4. Гидрогеология СССР. Т. 3. Ленинградская, Псковская и Новгородская области. – М.: Недра, 1967. – 325 с.
5. Кузнецов С. С., Селиванов Г. Д. Геологическая экскурсия по долине р. Саблинке Ленинградской области / С. С. Кузнецов, Г. Д. Селиванов. – Л.: Недра, 1940. – 64 с.
6. Можаяев Б. Н. Новейшая тектоника Северо-Запада Русской равнины. Л: Недра, 1973. – 232 с.
7. Натальин Н. А. Саблино - природная жемчужина окрестностей Санкт-Петербурга. – СПб: ОМ-Пресс, 2001 – 122 с.
8. Селиванова В. А. Геология СССР. Т. I. Ленинградская, Псковская и Новгородская области. Геологическое описание. Северо-Западное территориальное ГУ: монография / В. А. Селиванова В. С. Кофман. – М.: Недра, 1971 г. – 504 с.
9. Сергеев Е. М. Инженерная геология СССР. Т. I. – М.: МГУ, 1982. – 527 с.
10. Сергеева С. П. Основные черты геологического строения Ленинградской области. – СПб, 2013 г. – 12 с.

### *Статьи в журналах:*

11. Грейсер Е.Л. Пресные подземные воды: состояние и перспективы водоснабжения населенных пунктов и промышленных объектов / Е.Л. Грейсер, Н.Г. Иванова // Разведка и охрана недр. – 2005. – № 5. – С. 36-48.
12. Виноград Н.А. Особенности формирования подземных вод основных эксплуатируемых водоносных горизонтов Санкт-Петербурга и окрестностей по данным о химическом и изотопном составе / Н. А. Виноград, И. В. Токарев, Т.А. Строганова // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. – 2019. – № 4 (64). – С. 575-597.

*Фондовые материалы:*

13. Вербицкий В. Р. Объяснительная записка. Серия Центрально-Европейская. Листы О-35 – Псков, (N-35), О-36/ В. Р. Вербицкий, И. В. Вербицкий, О. В. Васильева, В. В. Саванин // Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 – Санкт-Петербург. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012.- 510 с.

14. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Нева. Книга 1. Общая характеристика речного бассейна реки Нева. – СПб: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2010. – 189 с.

15. Технический отчёт по результатам инженерно-геологических изысканий для подготовки проектной документации для объекта: «Многоквартирный многоэтажный жилой дом со встроенными помещениями», по адресу; Ленинградская область, Ломоносовский район, МО «Аннинское сельское поселение», п. Новоселье, участок № 13. – СПб: ЗАО «ЛенГИСИЗ», 2022. – 96 с.

*Нормативно-технические документы:*

16. ГОСТ 9.602-2005 Единая система от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии. – М.: Стандартинформ, 2005. – 54 с.

17. ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. – М.: Стандартинформ, 2019. – 19 с.

18. ГОСТ 12248-2010 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. – М.: Стандартинформ, 2011. – 77 с.

19. ГОСТ 12536-2014 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. – М.: Стандартинформ, 2019. – 19 с.

20. ГОСТ 20522-2012 Методы статистической обработки результатов испытаний. – М.: Стандартинформ, 2019. – 15 с.

21. ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация. – М.: Стандартинформ, 2018. – 37 с.

22. ГОСТ 30416-2012 Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения. – М.: Стандартинформ, 2013. – 12 с.

23. СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах. – М.: Минстрой, 2018. – 117 с.

24. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. – М.: Минстрой, 2016. – 204 с.
25. СП 28.13330.2017 Защита строительных конструкций от коррозии. – М.: Минстрой, 2017. – 115 с.
26. СП 47.13330.2016 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения – М.: Стандартинформ, 2017. – 83 с.
27. СП 131.13330.2020 Строительная климатология. – М.: Минстрой, 2020. – 146 с.
28. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. – М.: Минрегион России, 2012. – 59 с.
- Электронные ресурсы удалённого доступа (Интернет-ресурсы):*
29. Администрация МО Аннинское городское поселение: офиц. сайт. – URL: <https://mo-annino.ru/moasp/settlements/novosel-e/> (дата обращения: 14.04.2023). – Текст: электронный.
30. Бурение скважин на воду в Ломоносовском районе Ленинградской области: офиц. сайт. – URL: <https://скважина-спб.рф/burenie-skvazhin-na-vodu/region/lomonosovskiy/> (дата обращения: 27.04.2023).
31. ГИС-Атлас «Недра России»: офиц. сайт. – URL: <http://atlaspacket.vsegei.ru/#adfdf46734b9174e4> (дата обращения: 14.04.2023).
32. Население городского посёлка Новоселье Ломоносовского района Ленинградской области: офиц. сайт. – URL: <https://bdex.ru/naselenie/leningradskaya-oblast/n/lomonosovskiy/novosele/> (дата обращения: 07.05.2023). – Текст: электронный.
33. Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена: офиц. сайт. – URL: <https://geoecology.nethouse.ru/page/157428> (дата обращения: 14.04.2023).
34. ФГБУ Северо-Западное УГМС: Климат Санкт-Петербурга и Ленинградской области: офиц. сайт. – URL: <http://www.meteo.nw.ru/articles/index.php?id=2> (дата обращения: 28.04.2023). – Текст: электронный.
35. Google Earth: офиц. сайт. – URL: <https://www.google.com/earth/about/versions/> (дата обращения: 20.04.2023).

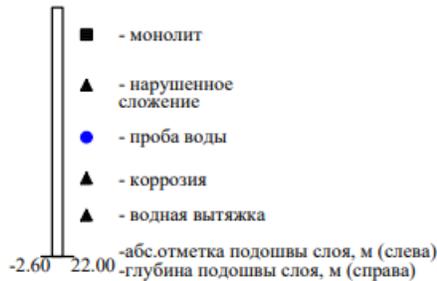
# ПРИЛОЖЕНИЕ 1

## Условные обозначения

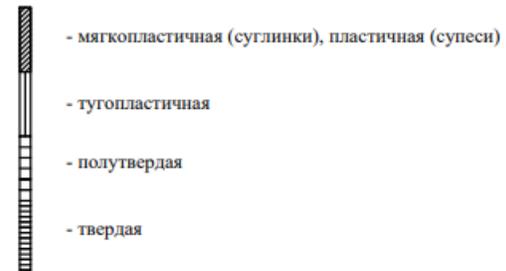
### Условные обозначения

<b>t IV</b>	- современные техногенные образования		- почвенно-растительный слой
<b>lg III</b>	- верхнечетвертичные озерно-ледниковые отложения		- суглинки
<b>g III</b>	- верхнечетвертичные ледниковые отложения		- супеси моренные
<b>Є1</b>	- нижнекембрийские отложения		- суглинки моренные
			- глины

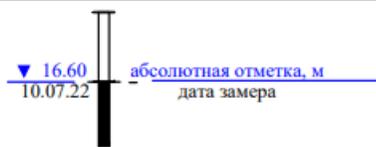
#### Буровая скважина, точка отбора



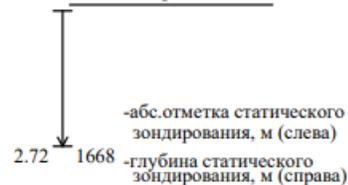
#### Консистенция грунтов



#### Подземные воды (безнапорные)



#### Точка статического зондирования



①

- номер инженерно-геологического элемента

— - стратиграфическая граница

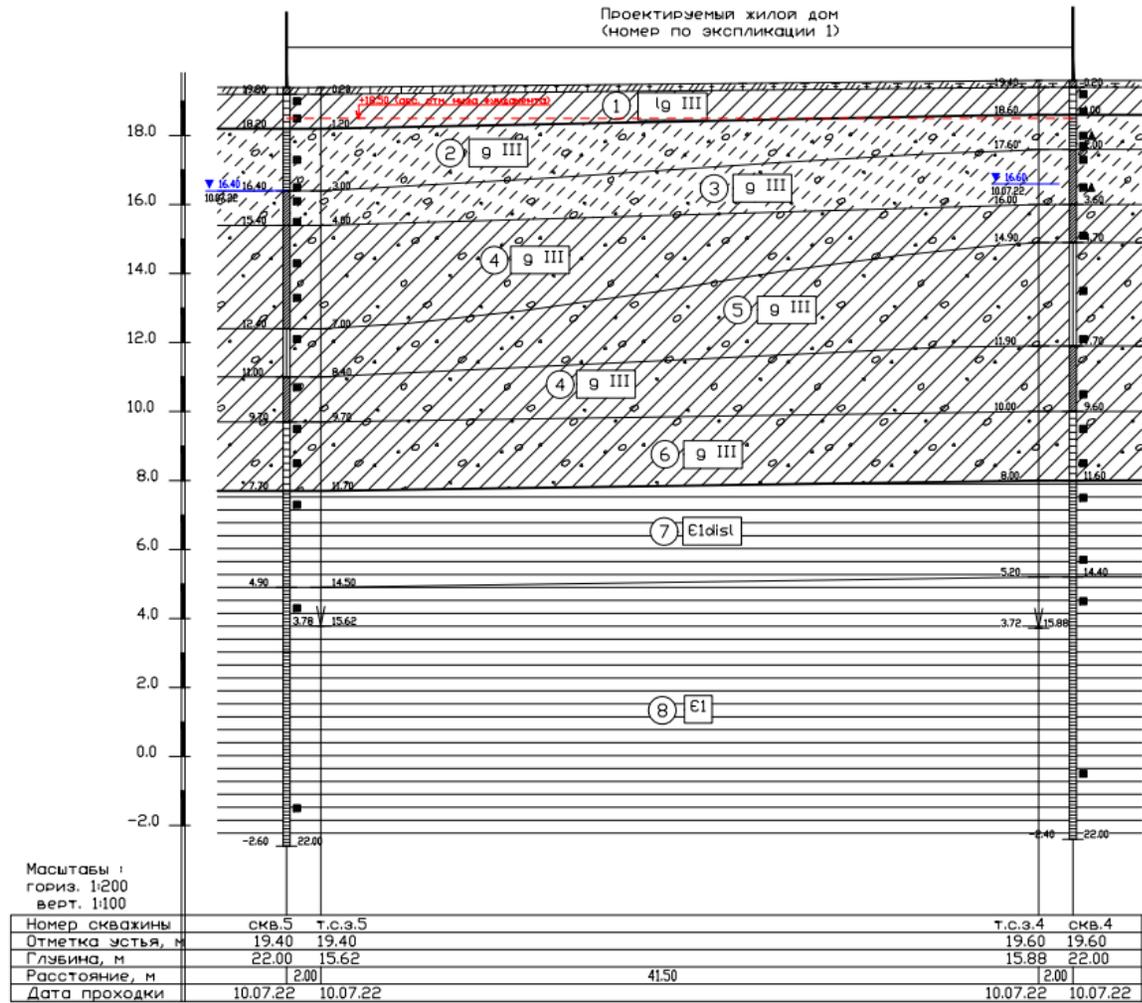
— - литологическая граница

— - предполагаемая граница

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Инженерно-геологический разрез

разрез :III-III



## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

### Инженерно-геологические колонки

Масштаб 1:100

Наименование : скв.4

Начата : 10.07.2022

Отметка устья : 19.60 м

Окончена : 10.07.2022

Общая глубина : 22.00 м

Геологический индекс	Мощность слоя, м	Глубина слоя, м	Абс. отметка подошвы слоя, м	Геолого-литологический разрез	Наименование пород и их характеристика	Сведения о воде		Глубина отбора образцов
						появление воды	устойчив. уровень	
	0.20	0.20	19.40	1	Почвенно-растительный слой.			1
q III	0.80	1.00	18.60	2	Суглинки тяжелые пылеватые полутвердые, слоистые, охлеженные, коричневые и рыжевато-коричневые, с прослоями песков пылеватых, влажных, местами с прослойками (до 5 см) супесей пластичны, с редким гравием изверженных пород.	16.60	16.60	2
q III	1.00	2.00	17.60	3	Суглинки тяжелые пылеватые полутвердые, слоистые, охлеженные, коричневые и рыжевато-коричневые, с прослоями песков пылеватых, влажных, местами с прослойками (до 5 см) супесей пластичны, с редким гравием изверженных пород.	10.07.22	10.07.22	3
q III	1.60	3.60	16.00	4	Суглинки пылеватые твердые, коричневые, с гнездами и линзами песков пылеватых и мелких, влажных, с гнездами охлежения, с гравием и галькой изверженных пород до 5%.			4
q III	1.10	4.70	14.90	5	Суглинки пылеватые пластичные, коричневые, местами желтовато-серые, с гнездами и линзами песков пылеватых и мелких, влажных, с гл. 3,00 м насыщенными водой, с гнездами охлежения, с гравием и галькой изверженных пород до 5%.			5
q III	3.00	7.70	11.90	6	Суглинки легкие пылеватые мягкопластичные, серые, местами зеленовато-серые, с гнездами и линзами песков пылеватых и мелких, насыщенных водой, с гравием и галькой изверженных пород до 5%.			6
q III	1.90	9.60	10.00	7	Суглинки легкие пылеватые тугопластичные, с линзами мягкопластичных, серые, местами зеленовато-серые, с гнездами и линзами песков пылеватых и мелких, насыщенных водой, с гравием и галькой изверженных пород до 5-7%.			7
q III	2.00	11.60	8.00	8	Суглинки легкие пылеватые мягкопластичные, серые, местами зеленовато-серые, с гнездами и линзами песков пылеватых и мелких, насыщенных водой, с гравием и галькой изверженных пород до 5%.			8
q III	2.00	11.60	8.00	9	Суглинки легкие пылеватые мягкопластичные, серые, местами зеленовато-серые, с гнездами и линзами песков пылеватых и мелких, насыщенных водой, с гравием и галькой изверженных пород до 5%.			9
El dist	2.80	14.40	5.20	10	Суглинки тяжелые пылеватые полутвердые, обогащенные глинистым материалом кембрия, голубовато-серые, с гнездами и линзами песков пылеватых и мелких, влажных, с гравием и галькой изверженных пород, до 5%, с обломками песчанников до 3-5%.			10
				11	Глины легкие пылеватые твердые, дислоцированные, серовато-голубые, с тонкими прослоями песков пылеватых влажных, с обломками песчанников до 3-5%.			11
				12	Глины легкие пылеватые твердые, слоистые, серовато-голубые, с прослоями песчанников мелкозернистых и средней прочности, с тонкими прослоями песков пылеватых влажных.			12
				13				13
				14				14
				15				15
				16				16
				17				17
				18				18
				19				19
				20				20
E1	7.60	22.00	-2.40	21	Глины легкие пылеватые твердые, слоистые, серовато-голубые, с прослоями песчанников мелкозернистых и средней прочности, с тонкими прослоями песков пылеватых влажных.			21

Масштаб 1:100

Наименование : скв.5  
 Начата : 10.07.2022 Отметка устья : 19.40 м  
 Окончена : 10.07.2022 Общая глубина : 22.00 м

Геологический индекс	Мощность слоя, м	Глубина слоя, м	Абс. отметка подошвы слоя, м	Геолого-литологический разрез	Наименование пород и их характеристика	Сведения о воде		Глубина отбора образцов
						появление воды	абсолют, м установ. уровень	
	0.20	0.20	19.20		Почвенно-растительный слой.			
lg III	1.00	1.20	18.20	1	Суглинки тяжелые пылеватые полутвердые, слоистые, охлеженные, коричневые и рыховато-коричневые, с прослоями песков пылеватых, влажных, местами с прослойками (до 5 см) супесей пластины, с редким гравием изверженных пород.	16.40	16.40	2
g III	1.80	3.00	16.40	2				
g III	1.00	4.00	15.40	3	Супеси пылеватые твердые, коричневые, с гнездами и линзами песков пылеватых и мелких, влажных, с гнездами охлежения, с гравием и галькой изверженных пород до 5%.	10.07.22	10.07.22	4
				5	Супеси пылеватые пластинчатые, коричневые, местами желтовато-серые, с гнездами и линзами песков пылеватых и мелких, насыщенных водой, с гнездами охлежения, с гравием и галькой изверженных пород до 5%.			6
g III	3.00	7.00	12.40	4	Суглинки легкие пылеватые мягкопластинчатые, серые, местами зеленовато-серые, с гнездами и линзами песков пылеватых и мелких, насыщенных водой, с гравием и галькой изверженных пород до 5%.			8
g III	1.40	8.40	11.00	5				
g III	1.30	9.70	9.70	6	Суглинки легкие пылеватые тупопластинчатые, с линзами мягкопластинчатых, серые, местами зеленовато-серые, с гнездами и линзами песков пылеватых и мелких, насыщенных водой, с гравием и галькой изверженных пород до 5-7%.			10
				7	Суглинки легкие пылеватые мягкопластинчатые, серые, местами зеленовато-серые, с гнездами и линзами песков пылеватых и мелких, насыщенных водой, с гравием и галькой изверженных пород до 5%.			12
Etolst	2.80	14.50	4.90		Суглинки тяжелые пылеватые полутвердые, обогащенные глинистым материалом кембрия, голубовато-серые, с гнездами и линзами песков пылеватых и мелких, влажных, с гравием и галькой изверженных пород до 5%, с обломками песчаников до 3-5%.			14
				8	Глины легкие пылеватые твердые, дислоцированные, серовато-голубые, с тонкими прослоями песков пылеватых влажных, с обломками песчаников до 3-5%.			16
					Глины легкие пылеватые твердые, слоистые, серовато-голубые, с прослоями песчаников мелкопорных и средней прочности, с тонкими прослоями песков пылеватых влажных.			18
								20
E1	7.50	22.00	-2.60					

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Нормативные и расчётные значения физико-механических характеристик грунтов

№ Элемента	Наименование грунтов	Геологический индекс	Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>			Коэффициент пористости e	Естественная влажность, д.е. W <sub>e</sub>	Число пластичности I <sub>p</sub>	Показатель текучести I <sub>L</sub> /C <sub>b</sub>	Прочностные характеристики						Модуль деформации, МПа кгс/см <sup>2</sup> E
			ρ <sub>n</sub>	ρ <sub>l</sub>	ρ <sub>п</sub>					Угол внутреннего трения, [ ° ]			Сцепление, МПа кгс/см <sup>2</sup>			
									φ <sub>n</sub>	φ <sub>l</sub>	φ <sub>п</sub>	C <sub>n</sub>	C <sub>l</sub>	C <sub>п</sub>		
1	Суглинки полутвердые, слоистые, ожелезненные	lgIII	2,03	2,01	2,02	0,661	0,234	0,144	<u>0,17</u> -0,05	19	18	18	<u>0,03</u> <u>3</u> 0,33	<u>0,03</u> <u>1</u> 0,31	<u>0,032</u> 0,32	<u>12</u> 120
2	Супеси твердые с гравием и галькой до 5%	gIII	2,24	2,23	2,24	0,352	0,125	0,066	-0,11	26	25	26	<u>0,05</u> <u>2</u> 0,52	<u>0,04</u> <u>9</u> 0,49	<u>0,050</u> 0,50	<u>15</u> 150
3	Супеси пластичные с гравием и галькой до 5%	gIII	2,20	2,19	2,19	0,394	0,141	0,064	<u>0,22</u> -0,01	25	23	24	<u>0,03</u> <u>2</u> 0,32	<u>0,03</u> <u>0</u> 0,30	<u>0,031</u> 0,31	<u>13</u> 130
4	Суглинки мягкопластичные с гравием и галькой до 5%	gIII	2,05	2,04	2,04	0,629	0,225	0,092	<u>0,53</u> 0,27	18	17	17	<u>0,02</u> <u>5</u> 0,25	<u>0,02</u> <u>4</u> 0,24	<u>0,024</u> 0,24	<u>9</u> 90
5	Суглинки тугопластичные с гравием и галькой до 5-7%	gIII	2,07	2,06	2,06	0,581	0,206	0,095	<u>0,28</u> 0,08	19	18	18	<u>0,03</u> <u>1</u> 0,31	<u>0,03</u> <u>0</u> 0,30	<u>0,030</u> 0,30	<u>11</u> 110
6	Суглинки полутвердые с гравием и галькой до 5%	gIII	2,04	2,03	2,04	0,645	0,226	0,136	0,11	19	18	18	<u>0,04</u> <u>8</u> 0,48	<u>0,04</u> <u>5</u> 0,45	<u>0,046</u> 0,46	<u>14</u> 140
7	Глины твердые, дислоцированные	Є <sub>l</sub> disl	2,07	2,06	2,06	0,645	0,223	0,208	-0,14	15	14	15	<u>0,09</u> <u>6</u> 0,96	<u>0,09</u> <u>0</u> 0,90	<u>0,092</u> 0,92	<u>16</u> 160
8	Глины твердые, слоистые	Є <sub>l</sub>	2,12	2,11	2,12	0,551	0,194	0,182	-0,26	17	16	17	<u>0,11</u> <u>4</u> 1,14	<u>0,10</u> <u>9</u> 1,09	<u>0,111</u> 1,11	<u>23</u> 230

Примечание: 1). Доверительная вероятность принята равной при расчете ρ<sub>l</sub>, φ<sub>l</sub>, C<sub>l</sub> - α=0.95; ρ<sub>п</sub>, φ<sub>п</sub>, C<sub>п</sub> - α=0.85

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Коррозионная агрессивность грунтов по отношению к оболочке кабеля

Показатель коррозионной агрессивности	Значения показателя от – до ----- среднее	Коррозионная агрессивность
По отношению к свинцовой оболочке кабеля		
Водородный показатель, рН	7,79 – 8,05 ----- 7,88	средняя
Органические вещества (гумус), % от массы воздушно-сухой пробы	0,0014 – 0,0018 ----- 0,0016	низкая
Нитрат-ион, % от массы воздушно-сухой пробы	0,0004 – 0,0004 ----- 0,0004	средняя
По отношению к алюминиевой оболочке кабеля		
Водородный показатель, рН	7,79 – 8,05 ----- 7,88	средняя
Хлор-ион, % от массы воздушно-сухой пробы	0,005 – 0,008 ----- 0,006	высокая
Ион железа, % от массы воздушно-сухой пробы	0,0004 – 0,0007 ----- 0,0006	низкая

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Химический состав безнапорных подземных вод

Место взятия пробы, скважина №	1			2			3		
Глубина отбора, м	2,8			3,2			3,1		
Прозрачность	мутная			мутная			мутная		
Цвет	серый			серый			серый		
Запах	технич.			сл. технич.			сл. технич.		
Элементы химических анализов	мг/л	мг-экв/л	мг-экв%	мг/л	мг-экв/л	мг-экв%	мг/л	мг-экв/л	мг-экв%
Ca <sup>2+</sup>	96,0	4,79	39	64,7	3,23	24	58,5	2,92	23
Mg <sup>2+</sup>	28,0	2,30	19	18,8	1,55	12	33,8	2,78	22
К+Na в пересчёте на Na <sup>+</sup>	115,9	5,04	42	198,6	8,64	64	156,1	6,79	55
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,6	0,03	0	0,2	0,01	0	0,2	0,01	0
Fe <sup>2+</sup> + Fe <sup>3+</sup> в пересчёте на Fe <sup>3+</sup>	4,8	0,26		3,6	0,19		5,8	0,31	
Сумма катионов		12,6	100		13,43	100		12,50	100
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	415,5	6,81	57	422,3	6,92	51	385,0	6,31	50
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	нет			нет			нет		
Cl <sup>-</sup>	160,3	4,52	37	198,9	5,61	42	197,5	5,57	45
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	37,8	0,79	6	39,5	0,82	6	23,0	0,48	4
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	следы			нет			нет		
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,3	0,04	0	5,0	0,08	1	8,9	0,14	1
Сумма анионов		12,16	100		13,43	100		12,50	100
Сухой остаток	746,0			838,0			770,0		
Жесткость общая		7,09			4,78			5,70	
Жесткость временная		6,81			4,78			5,70	
Жесткость постоянная		0,28			нет			нет	
Окисляемость, мг О <sub>2</sub>	78,7			79,1			79,9		
СО <sub>2</sub> свободная	59,0			40,3			53,7		
СО <sub>2</sub> агрессивная	3,7			3,3			7,0		
рН	7,19			7,12			7,08		
Гумус	50,9			51,1			51,6		

Коррозионная агрессивность безнапорных подземных вод

Показатель коррозионной агрессивности	Значения показателя от – до ----- среднее	Коррозионная агрессивность
По отношению к свинцовой оболочке кабеля		
Водородный показатель, рН	7,08 – 7,19 ----- 7,1	низкая
Общая жёсткость, мг-экв/л	4,78 – 7,09 ----- 5,86	средняя
Органические вещества (гумус) мг/л	50,9 – 51,6 ----- 51,2	высокая
Нитрат-ион мг/л	2,3 – 8,9 ----- 5,4	низкая
По отношению к алюминиевой оболочке кабеля		
Водородный показатель, рН	7,08 – 7,19 ----- 7,1	низкая
Хлор-ион, мг/л	160,3 – 198,9 ----- 185,6	высокая
Ион железа, мг/л	3,6 – 5,8 ----- 4,7	средняя