

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Саркисян Армен Георгиевич

Выпускная квалификационная работа

**«Инженерно-геологическая характеристика участка бывшего аэропорта
«Ржевка» (п. Ковалёво Всеволожский район Ленинградской области)»**

Основная образовательная программа бакалавриата

«Геология»

Кафедра грунтоведения и инженерной геологии

Научный руководитель:

старший преподаватель кафедры
грунтоведения и инженерной геологии

к.г.-м.н. Еремеева Анастасия Александровна

Рецензент: Панарина Н.Д.

Санкт-Петербург

2018

Оглавление

Введение	4
Глава 1. Физико-географическая и геологическая характеристика района.	5
1.1 Административная и географическая характеристика района.....	5
1.2 Рельеф и геоморфология.	7
1.3 Климат.....	11
1.4 Гидрография.....	14
1.5 Геологическое строение.....	16
1.5.1 История развития.....	16
1.5.2 Стратиграфия.....	19
1.5.3 Тектоника.....	24
1.6 Гидрогеологические условия.....	26
1.6.1 Подземные воды четвертичных отложений	27
1.6.2 Дочетвертичные гидрогеологические подразделения.....	33
Глава 2. Инженерно-геологические условия участка строительства.....	36
2.1 Местоположение, геоморфология, климат.....	36
2.2 Инженерно-геологическое строение участка.....	39
2.3 Физико-механические свойства инженерно-геологических элементов.....	40
2.4 Гидрогеологические условия участка строительства	46
Глава 3. Расчет свайного фундамента.....	49
3.1 Общие сведения о застраиваемой территории	49
3.2 Проектируемый дом.....	50
3.3 Выбор типа свай.....	52
3.4 Определение несущей способности свай.....	53
3.4.1 Определение несущей способности сваи по данным статического зондирования.	56

3.4.2 <i>Определение несущей способности висячей сваи</i>	60
3.4.3 <i>Расчет осадки свайного фундамента</i>	67
Вывод	69
Список литературы	70
Приложения	72

Введение

Территория бывшего аэропорта расположена у поселка Ковалево во Всеволожском районе Ленинградской области и примыкает к границам Санкт-Петербурга. В соответствии с концепцией комплексного развития территории здесь планируется создание нового жилого микрорайона, полностью обеспеченного объектами социального, культурного и бытового обслуживания. На земельных участках общей площадью 175 га будет построен 1 млн. кв. м жилья.

Цель выпускной квалификационной работы - провести анализ инженерно-геологических условий участка бывшего аэропорта «Ржевка» (п. Ковалёво Всеволожский район Ленинградской области).

Задачи:

1. Проанализировать физико-географическое положение, геологическое строение и гидрогеологические условия Всеволожского района Ленинградской области.
2. Изучить инженерно-геологическое строение, физико-механические свойства грунтов и гидрогеологические свойства участка строительства ЖК «Ржевка».
3. Произвести расчет свайного фундамента.

Материалы для написания работы были получены в ходе прохождения производственной практики в июле-августе 2017 года в ООО «Промакс».

Глава 1. Физико-географическая и геологическая характеристика района.

1.1 Административная и географическая характеристика района.

Всеволожский район - муниципальное образование в составе Ленинградской области, административный центр - город Всеволожск. Район расположен в северной части Ленинградской области, в юго-восточной части Карельского перешейка, на северо-западе Восточно-Европейской равнины, между Санкт-Петербургом и Ладожским озером, омывающим восток района, к северу от Невы. Его площадь составляет 3036,4 км².



Рисунок 1. Районы Ленинградской области (<http://www.lenobl.ru>)

Во Всеволожском районе находится единственная в Ленинградской области станция метрополитена (Девяткино), а в южной его части проходит федеральная трасса «Санкт-Петербург - Мурманск» М18 и часть Кольцевой автодороги (КАД) А118.

С 2016 года во Всеволожском районе 154 населённых пункта в составе девяти городских и десяти сельских поселений: Дубровское, Заневское, Кузьмолдовское, Морозовское, Рахьинское, Свердловское, Токсовское городское поселение, также муниципальное образование Сертолово, муниципальное образование «Город Всеволожск».

На территории района расположен ряд крупных сельскохозяйственных предприятий - агрофирмы «Приневское», «Выборжец» и др. В сфере торговли большое значение имеют два огромных комплекса, принадлежащих компании «ИКЕА Мос», расположенных в посёлке Бугры и деревне Кудрово.

1.2 Рельеф и геоморфология.

Территория Ленинградской области расположена целиком на северо-западе Восточно-Европейской (Русской) равнины, в пределах Прибалтийской низменности. На северо-западе региона, на территории Балтийского кристаллического щита, протягивается полоса грядового и холмистого рельефа и прибрежных шхер Финского залива, выделяемая в самостоятельный орографический район - север Карельского перешейка. Южнее расположена обширная Предглинтовая низменность с отдельными изолированными возвышенностями, ограниченная с юга Балтийско-Ладожским глинтом. Далее к югу простирается Ордовикское плато, к которому примыкает обширная девонская равнина, ограниченная с востока Валдайско-Онежским уступом. Восточную часть территории занимает Валдайская возвышенность, отличающаяся сильно пересеченным холмисто-моренным рельефом (Геология СССР, 1971).

Всеволожский район Ленинградской области находится в пределах Предглинтовой территории Прибалтийской низменности, представляющей собой полого наклоненную на север волнистую равнину с абсолютными высотами преимущественно от 50 до 100 м, пересеченную густой сетью рек. На общем фоне низменной равнины выступает ряд изолированных возвышенностей, достигающих абсолютных отметок 200-300 м, и наблюдаются обширные пониженные пространства с абсолютными высотами от нуля до 50 м. Предглинтовая низменность расположена к югу от центральной возвышенности Карельского перешейка и отграничена Балтийско-Ладожским (ордовикским) уступом от Ордовикского плато. Низменность представляет собой комплекс аккумулятивных террасовых поверхностей (с абсолютными высотами от нуля до 100 м), наклоненных в сторону Финского залива и Ладожского озера. Изолированные камовые массивы, нарушающие равнинный рельеф террас, возвышаются на 40-100 м, их высота достигает 50-137 м (Колтушская возвышенность 80 м, Всеволожская 50 м). Склоны возвышенностей крутые - до 20°, обычно террасированные.

Равнинность территории, ее невысокое гипсометрическое положение и значительная мощность четвертичного покрова явились причиной плохой и крайне неравномерной обнаженности дочетвертичных пород. Большая часть обнажений расположена по берегам рек. К водораздельным пространствам и побережьям Ладожского озера приурочено сравнительно небольшое количество обнажений (Геология СССР, 1971).

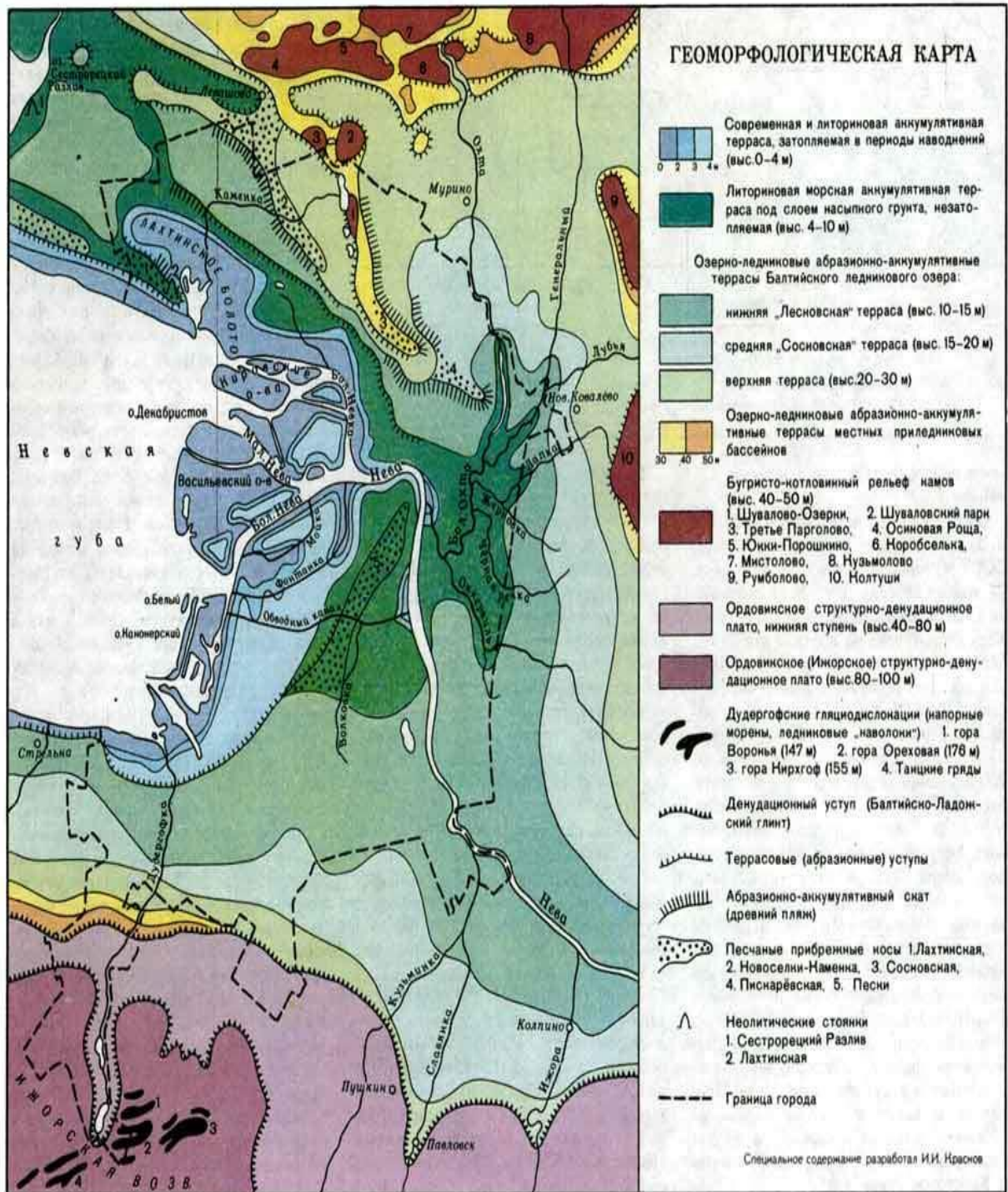


Рисунок 2 Геоморфологическая карта Санкт-Петербурга и Ленинградской области (https://sankt_peterburg.academic.ru)

Территория г. Санкт-Петербург и Ленинградской области, начиная со времени отступления ледника, неоднократно покрывалась водами морских и пресноводных бассейнов. Благодаря этому, наибольшая часть этой местности обязана характером своей поверхности абразионной и аккумулятивной деятельности существовавших в ней озер и морей (Яковлев, 1925).

Активный (движущийся) лед создавал у края ледника, особенно при наличии уступов и выступов в рельефе, конечные морены напорного типа. В моренах напора, кроме мощной толщи валунного суглинка, можно встретить включения и глыбы-отторженцы глин и коренных пород. Резко выраженные конечные морены напора встречаются по берегу Финского залива, а также по краю Глинта. По рельефу конечные моренные гряды представляют собой вытянутые холмы шириной до 0,5 км, высотой до 50 м, длиной до 3-5 км. Поверхность их нередко сложна. Встречаются целые группы гряд среди холмисто-моренного рельефа, разделенных ложбинами.

Холмисто-моренный рельеф занимает значительные площади, особенно в области последнего оледенения. Такие территории усеяны мелкими холмами, среди которых разбросаны многочисленные мелкие озера, а также встречаются небольшие плоские участки. Моренные возвышенности обычно не выше 10-20 м.

В полосе последнего оледенения холмисто-моренный рельеф образует районы шириной до 30-40 км и длиной в сотни километров. Главная полоса этого рельефа окаймляет в виде грандиозной дуги обширную Приильменскую низину. В дуге явно выступают две ветви: Валдайская к востоку от Валдайского уступа и Лужско-Великолукская к западу от Приильменской низины. Здесь сказывается общая связь распределения холмисто-моренного рельефа с особенностями древнего рельефа, не везде хорошо проявившаяся. Среди холмисто-моренных участков можно наблюдать озы и камы. Изредка в Ленинградской области встречаются ледниковые формы - друмлины, которые образовались вследствие засыпания мореной кристаллического выступа.

Для ледникового рельефа характерны не только положительные, но и отрицательные формы рельефа - впадины и ложбины. Впадины озер в области последнего оледенения очень многочисленны и разнообразны по размерам, форме, строению.

Ложбинные озера западной окраины (Черемнецкое, Врево и др.) приурочены, по-видимому, к древним долинам или к подледниковым ложбинам, расположены либо параллельно, либо перпендикулярно краю ледника.

С ледником связано и образование моренных равнин. Типичные моренные равнины имеют волнистую поверхность и встречаются обычно среди повышенных равнин, между полосами краевых образований ледника. Колебания относительных высот равнин не превышают 5-10 м, но иногда среди них встречаются «пятна» холмисто-моренных участков. Поверхность моренных равнин не имеет определенного общего уклона, поэтому они сильно заболочены. Присутствие маломощного (0,5-2 м) чехла покровных суглинков и супесей на поверхности этих равнин играет большую роль в почвообразовании. Приледниковыми образованиями, встречающимися в области, являются зандры и озерно-ледниковые равнины.

С лужской стадией ледника связаны краевые образования, представленные в основном камовыми грядами. В невскую стадию ледник уже распался на «языки», заполнившие впадины Финского залива, Ладожского и Онежского озер, и к югу от Балтийского глинта поверхность освободилась из-под льда.

Озерно-ледниковые равнины возникли на месте обширных приледниковых водоемов, у края ледника на повышенных местах, большей частью приурочены к плоским понижениям без ясных границ. Они постепенно сменяются равнинными участками другого характера - зандровыми и моренными равнинами. При постепенном падении уровня вод на склонах древних плато и озерно-ледниковых равнин возникали террасы.

После спуска озерно-ледниковых водоемов главную роль в формировании рельефа стали играть реки. За период, прошедший после оледенения, они еще не успели глубоко врезаться в днища своих долин. Поэтому речные долины на территории Ленинградской области большей частью неглубоки и имеют невысокие коренные берега.

Более глубокие речные долины образовали реки, протекающие по повышенным равнинам. Там, где реки прорезают коренные (дочетвертичные) породы, они имеют крутые, иногда даже отвесные берега. Они являются сложными, составными, часто наследуют древние доледниковые речные долины и ледниковые ложбины, могут иметь до пяти-шести террас.

Незначительные штрихи в конфигурации местности положены деятельностью эрозионных и эолово-аккумуляционных процессов.

1.3 Климат

Климат Ленинградской области определяется ее положением в умеренных широтах на северо-западе Русской равнины, где отчетливо проявляется влияние Атлантического океана и его морей. Внутренние водоемы - Финский залив Балтийского моря и крупнейшие озера - Ладожское, Онежское смягчают климат и придают ему черты морского. В целом климат территории определяется как умеренно холодный, влажный. Зимы сравнительно мягкие, сильные морозы быстро сменяются оттепелями; лето умеренно теплое, временами прохладное (Геология СССР, 1971).

Таблица 1 Границы климатических сезонов и их продолжительность

(<http://nature.lenobl.ru>)

	Начало сезона	Окончание сезона	Продолжительность, дни
Зима	5.XII	16.III	102
Весна	17.III	1.VI	77
Лето	2.VI	11.IX	102
Осень	12.IX	4.XII	84

Зима продолжается в среднем 3,5 месяца. Для первой половины зимы, вследствие преобладания западного переноса воздушных масс, характерна пасмурная, ветреная, с частыми осадками и оттепелями погода. Во второй половине зимы зональная циркуляция чаще нарушается вторжениями арктического воздуха - холодного и сухого. Облачность заметно уменьшается, оттепели отмечаются реже.

Весна продолжается в среднем с середины марта до начала июня. Характерной особенностью весеннего периода являются волны тепла и волны холода. Во второй половине апреля - в начале мае с выносом воздуха из южных широт на некоторое время может установиться летняя жара с температурой до 25°-30°С, а при вторжениях арктического воздуха, даже в конце мая - начале июня, наблюдаются заморозки и может образоваться кратковременный снежный покров. Относительная влажность и число дней с осадками в это время года - наименьшие, а количество ясных дней - наибольшее в году.

Лето - умеренно теплое и длится в среднем от начала июня до конца первой декады сентября. Самый теплый месяц - июль. Количество осадков в этот период является самым большим по сравнению с другими сезонами. Большинство опасных явлений (ливни, грозы, град, шквалы) связаны с конвективной облачностью, развивающейся как на атмосферных фронтах, так и внутри неустойчивых влажных воздушных масс. Значительные усиления ветра в основном кратковременны и имеют шквалистый характер, а повторяемость штилей – наибольшая (Ожидаемые изменения..., 2014).

Для осени характерны длительные периоды ненастной и дождливой погоды. Продолжительность осадков увеличивается в 2-3 раза, а продолжительность солнечного сияния сокращается от 140 часов в сентябре и до 25 - в ноябре. В сентябре и октябре за счет интенсивных волн тепла часто бывает период солнечной и теплой погоды. Морозная погода и устойчивый снежный покров иногда устанавливаются в конце октября, особенно в годы с интенсивными и частыми вторжениями арктического воздуха.

Температурный режим определяется прежде всего количеством солнечной радиации и влиянием больших и малых водоемов. Температура воздуха находится в тесной зависимости от получаемого тепла. Средняя годовая температура изменяется от 4,1-4,6° С на западе и юго-западе до 2,4-2,6° С на севере и востоке.

Недостаток солнечного тепла, получаемого поверхностью земли, восполняется притоком его с воздушными течениями из других мест, главным образом с запада и юга. Смена различных воздушных масс является причиной неустойчивой, изменчивой погоды, особенно характерной для запада Ленинградской области, прилегающей к Финскому заливу (Ожидаемые изменения..., 2014).

Таблица 2 Температура воздуха в Ленинградской области по месяцам

(<http://nature.lenobl.ru>)

Месяц	Абсолют. минимум	Средний минимум	Средняя	Средний максимум	Абсолют. максимум
январь	-35.9 (1883)	-8.0	-5.5	-3.0	8.7 (2007)
февраль	-35.2 (1956)	-8.5	-5.8	-3.0	10.2 (1989)
март	-29.9 (1883)	-4.2	-1.3	2.0	15.3 (2015)
апрель	-21.8 (1881)	01.май	05.январь	09.март	25.3 (2000)
май	-6.6 (1885)	7.0	11.март	16.0	33.0 (2014)
июнь	0.1 (1930)	11.июль	15.июль	20.0	34.6 (1998)
июль	4.9 (1968)	15.0	18.август	23.0	35.3 (2010)
август	1.3 (1966)	13.апрель	16.сентябрь	20.август	37.1 (2010)
сентябрь	-3.1 (1976)	08.август	11.июнь	15.0	30.4 (1992)
октябрь	-12.9 (1920)	4.0	06.февраль	08.июнь	21.0 (1889)
ноябрь	-22.2 (1890)	-1.8	0.1	2.0	12.3 (1967)
декабрь	-34.4 (1978)	-6.1	-3.7	-1.5	10.9 (2006)
год	-35.9 (1883)	02.июль	05.август	09.январь	37.1 (2010)

Характерной чертой климата территории, особенно запада Ленин градской области, является большая облачность (наибольшая зимой, наименьшая - летом). Средняя годовая сумма осадков на большей части территории составляет 550-650 мм, но в отдельные годы их бывает значительно больше (800-850 мм) или меньше (300-400 мм). Наиболее увлажненными районами являются побережье Финского залива (Левашово под Ленинградом 726 мм) и Валдайская возвышенность (г. Валдай 708 мм). В течение года насчитывается от 170 до 200 дней с осадками. Максимум осадков приходится на лето, но наибольшее количество дней с осадками осенью и зимой (Геология СССР, 1971).

Таблица 3 Количество выпадаемых осадков по месяцам (<http://nature.lenobl.ru>)

Месяц	Норма	Месячный минимум	Месячный максимум	Суточный максимум
январь	44	2 (1838)	82 (2011)	23 (1955)
февраль	33	3 (1886)	92 (1990)	23 (1990)
март	37	0.7 (1923)	90 (1763)	26 (1971)
апрель	31	2 (1850)	99 (1764)	29 (1991)
май	46	2 (1978)	127 (2003)	56 (1916)
июнь	71	8 (1889)	199 (1742)	44 (2004)
июль	79	5 (1919)	166 (1979)	69 (2002)
август	83	1 (1955)	197 (1869)	76 (1947)
сентябрь	64	2 (1851)	190 (1767)	34 (1912)
октябрь	68	5 (1987)	150 (1984)	37 (2003)
ноябрь	55	2 (1993)	118 (2010)	31 (2010)
декабрь	51	4 (1852)	112 (1981)	28 (2009)
год	661	395 (1882)	866 (2016)	76 (1947)

1.4 Гидрография

Территория области, за исключением небольшой крайне юго-восточной части, относится к бассейну Балтийского моря и имеет густую, хорошо развитую речную сеть. Общая протяжённость всех рек в Ленинградской области около 50 тыс. км. Также в области расположено 1800 озёр, в том числе Ладожское - крупнейшее в Европе. Значительная часть области заболочена.

Реки

Основной водной артерией области является р. Нева (длина - 74 км, площадь водосбора 281 000 кв. км, в том числе частного водосбора - около 5 тыс км кв, средний расход воды - 2 500 м³/с), соединяющая Ладожское озеро и Финский залив, и протекающая по равнинной Приневской низменности. Нева имеет невысокие берега (5-10 м) и общее падение всего 4 м. Годовой объем стока - 78,9 куб.км (Нежиховский, 1981). Река судоходна на всём протяжении и является частью Волго-Балтийского водного пути и Беломорско-Балтийского канала (Нежиховский,1981).

Другие крупные реки: Свирь, Волхов, Вуокса и Сясь, относящиеся к бассейну Ладожского озера, а также р. Нарва и Луга , относящиеся к бассейну Финского залива.

Основное питание рек Ленинградской области снеговое, дождевое, а также за счет подземных вод. Для всех рек характерно весеннее половодье с резким повышением уровня воды, связанное с таянием снега. Меженный период наблюдается летом и зимой, когда реки питаются главным образом подземными водами. Осенью, а также иногда при длительных дождях летом на реках области наблюдаются паводки со значительным подъемом уровня воды.

Согласно данным многолетних исследований реки Ленинградской области покрываются льдом в конце ноября - в декабре. Максимальной толщины лед достигает в марте. Вскрытие происходит обычно в апреле, в отдельные годы - в мае. В последние годы, в связи с потеплением климата, продолжительность ледостава на реках существенно сократилась (Нежиховский,1981).

Озера

Наиболее крупные озера - Ладожское, Ильмень, Псковско-Чудский водоем. Ладожское озеро - самое крупное в Европе, имеет площадь 18 400 км² длину свыше 200 км, наибольшую ширину около 125 км. Глубина озера возрастает от южного побережья к северному и достигает 225 м. Общий объем воды в озере около 900 км³.

Также на территории Ленинградской области большое распространение получили болота. Большинство болот расположено на водоразделах и относится к верховому типу с преобладанием атмосферного питания.

Максимальная мощность торфа (главным образом сфагнового состава) достигает 9 м и более. Низинные болота распространены незначительно и сложены обычно древесно-осоковыми, осоковыми и гипновыми торфами хорошей степени разложения. Они встречаются на пойменных террасах рек и в прибрежной полосе озер. Питание большинства низинных озер происходит за счет паводковых вод; болота грунтового питания редки, занимают незначительные площади (Геология СССР, 1971).

1.5 Геологическое строение

1.5.1 История развития

В позднем венде-раннем кембрии на северо-запад распространялась трансгрессия. В прибрежных условиях накапливались гравелисто-песчаные массы, характерные для северных районов Ленинградской области. В максимальную стадию трансгрессии накапливался карбонатный, алевроглинистый и глинистый материал, местами с примесью туфогенного материала. В конце венда произошел ряд трансгрессий (Котлинская, Редкинская), сопровождающийся перерывами в осадконакоплении.

Кембрий начинается с обширной (Балтийской) трансгрессии, распространявшейся к западу и охватившей северную Прибалтику. Территория находилась в прибрежной зоне шельфа, в спокойных гидродинамических условиях, в восстановительной среде. В середине кембрия границы моря сместились на запад в Прибалтику, а на востоке территории происходил подъем дна бассейна на дневную поверхность.

В ордовике происходят частые колебания уровня морского палеобассейна, вследствие чего происходил частичный размыв ранее накопленного материала. В результате наиболее обширной трансгрессии моря в середине ордовика произошла смена терригенной седиментации на карбонатную с некоторым количеством глауконита, что объясняется слабовосстановительным характером среды осадконакопления. В течение позднего ордовика продолжалось накопление карбонатных илов.

В силуре основная часть территории была областью осадконакопления, но следует иметь в виду усиливающее влияние на тектоническую обстановку каледонского пояса складчатости Скандинавии. Также следует отметить перемещение основной части Восточно-Европейской платформы в тропический климатический пояс, которая находилась здесь по крайней мере до позднего девона.

К началу раннего девона вся территория региона под влиянием максимальной фазы каледонского орогенеза стала областью интенсивной денудации. Были уничтожены все отложения силура и значительной части ордовика. Осадконакопление происходило на небольшой глубине в теплом климате. В среднем девоне было общее погружение Русской плиты, позже сменившееся поднятием.

Геологическое развитие Ленинградской области в четвертичное время, в первую очередь, связано с деятельностью покровных материковых оледенений, главным образом, с обусловленными ими процессами экзарации, аккумуляции и абразии (Александрова и др., 2011). В его пределах в настоящее время достоверно установлены следы трех покровных оледенений среднего и верхнего неоплейстоцена, одной межледниковой эпохи и одного мегаинтерстадиала. Четвертичные ледники распространялись со Скандинавского полуострова, но временами также или даже главным образом с севера, где занимали акваторию Баренцева моря.

Самые древние отложения квартера, залегающие в днищах наиболее глубоких древних долин материковой части района, представлены водно-ледниковыми образованиями днепровского оледенения. Здесь также присутствует морена, относящаяся к тому же времени. Отступление днепровского ледника сопровождалось активной деятельностью водноледниковых потоков, постепенно сменившейся широким развитием озерно-ледниковых бассейнов.

Новое похолодание, наступившее за этой трансгрессией, обусловило развитие московского оледенения, льды которого вновь полностью покрыли весь описываемый район. Отложения московского оледенения - морена и водноледниковые образования, - формировавшиеся в период его дегляциации.

Начало позднего неоплейстоцена ознаменовалось крупным потеплением - микулинское межледниковье. После полного исчезновения ледникового покрова, приведшего к значительному повышению уровня мирового океана, данная территория являлась частью обширного морского бассейна. Происходило накопление морских отложений (темно-зеленых глин), которые на территории Всеволожского района почти не встречаются (Ауслендер, 2003).

Волна похолодания обусловившая возникновение последнего валдайского покровного оледенения, вновь резко изменила палеогеографическую обстановку в пределах описываемого района. В нем выделяются одна холодная (ледниковая) ранневалдайская эпоха, и одна продолжительная (около 25 тыс. лет) эпоха, которую рассматривают как мегаинтерстадиал. Несмотря на многократное чередование потеплений и похолоданий в течение последнего, климат оставался холоднее современного.

Ранневалдайское похолодание сопровождалось сокращением и опреснением морского бассейна и ухудшением климатических условий.

В течение всего средневалдайского интервала территория Санкт-Петербурга и его окрестностей представляла собой область широкого развития древних озер различных по размерам и экологическим особенностям (Бугровское, Молодежное, Ижорское).

Начало позднего валдая связано с новым похолоданием, имевшим место примерно 25 тыс. лет назад (лужская стадия). В связи с наступлением поздневалдайского ледника вся описываемая территория была вновь покрыта льдом. С его деградацией начался этап окончательного ее освобождения от ледникового покрова.

Убывание ледника сопровождалось остановками и незначительными осцилляциями его края. Абразионные процессы, связанные с деятельностью широко развитых локальных приледниковых бассейнов, выразившиеся в возникновении таких морфологических элементов рельефа как уступы и склоны (Ауслендер, 2003).

Более молодые отложения уже связаны в основном с речной деятельностью.

1.5.2 Стратиграфия

Территория Ленинградской области характеризуется двухэтажным строением. Нижний этаж представлен магматическими и метаморфическими породами архей-протерозойского возраста, верхний - отложениями венда-ордовика, девона и четвертичными отложениями.

Архей - нижний протерозой

Породы представлены гранитизированными гнейсами, мигматитами, гранитами, амфиболитами, кристаллическими сланцами и другими отложениями, смятыми в складки.

Стратиграфические подразделения плитного чехла.

На рассматриваемой территории осадочный чехол представлен отложениями вендской, кембрийской, ордовикской и девонской систем.

Вендская система.

Верхний отдел

Вендские образования представлены терригенными отложениями валдайской серии верхнего отдела системы, резко несогласно залегающими на породах кристаллического фундамента. В составе валдайской серии на площади выделяются старорусская и котлинская свиты, отвечающие редкинскому и котлинскому горизонтам региональной стратиграфической шкалы. Образования представлены преимущественно аргиллито-глинистыми и гравелито-песчаными отложениями.

Венд - нижний кембрий

Балтийская серия в составе ломоносовской и сиверской свит распространена на юге и юго-востоке площади, начиная от южного берега Финского залива и южных окраин г. Санкт-Петербурга. Отвечает ровенскому (верхний венд) и лонтоваскому (нижний кембрий) горизонтам региональной стратиграфической шкалы.

Ломоносовская свита ($V_2 \sim C_{1lm}$) в основании имеет маломощный слой гравелистого кварцевого песчаника, выше представлена алевролитами, а также глинами.

Сиверская свита (C_{1sv}) сложена относительно однородной толщей глин. Вскрывается многочисленными скважинами в Приморской и Приневской низинах, и к югу от Глинта.

Средний кембрий

Средний кембрий представлен саблинской свитой (C_{2sb}), которая распространена на юго-востоке территории и представлена светло-серыми, желтоватыми кварцевыми песками.

Верхний кембрий

Ладожская свита (C_{3ld}) имеет несколько меньшее, чем подстилающая саблинская, распространение в юго-восточной части территории. Сложена, в основном, слоистыми кварцевыми светло-серыми песчаниками, местами ожелезненными, с прослоями серых глин и раковинами беззамковых брахиопод *Obolus*.

Ордовикская система

Нижний отдел

Тосненская свита (O_{1ts}) распространена повсеместно по глинту и к югу от него. Свита представлена коричневато-серыми разнозернистыми, местами детритистыми песками и слабо сцементированными песчаниками.

Копорская свита (O_{1kp}) повсеместно залегает на тосненской. Разрез свиты сложен однородной толщиной черных и буровато-темно-серых битуминозных аргиллитов, содержащих прослойки алевролита.

Характерной особенностью свиты является ее повсеместная, но неравномерная обогащенность ураном, цинком, молибденом, ванадием и др.

Леэтсеская свита (O_{1lt}) залегает со стратиграфическим перерывом на отложениях копорской свиты, имеет повсеместное распространение в составе толщи нижнего ордовика.

Нижняя часть разреза представлена зеленовато-серыми и ярко зелеными кварцево-глауконитовыми песками. Выше по разрезу пески и песчаники постепенно обогащаются глинисто-карбонатным материалом.

Волховская свита (O_{1vl}) имеет повсеместное распространение к югу от глинта. По литологическим особенностям свита подразделяется на 3 подсвиты.

Нижняя подсвита («дикари») сложена наиболее крепкими и выдержанными по мощности доломитизированными известняками и доломитами, пестроокрашенными в зеленовато-серые тона.

Средняя подсвита («желтяки») глинистыми доломитами и доломитизированными известняками с прослоями и линзами мергелей и глин. Породы имеют характерную пеструю окраску с преобладанием охристо-желтых тонов.

Верхняя подсвита («фризы») не имеет четкой литологической границы с «желтяками». В ее состав входят неравномерно глинистые доломитизированные известняки, реже доломиты, местами с тонкими прослоями глин и мергелей. Породы имеют зеленовато-серую окраску.

Средний отдел

Обуховская свита (O_{2ob}) расположена повсеместно в верхней части глинта и к югу от него. В основании разреза залегает маломощный «чечевичный слой» - темно-серые глинисто-доломитовые мергели с многочисленными охристо-бурыми чечевицеобразными железисто-фосфатными оолитами. Выше по разрезу наблюдается пачка серых известняков и доломитов с редкими зернами глауконита.

Верхнюю часть разреза слагают зеленовато-серые известняки, в той или иной степени доломитизированные и глинистые, с редкой вкрапленностью железисто-фосфатных оолитов.

Медниковская свита (O_{2md}) слагает крайнюю верхнюю часть глинта и приглинтовую полосу Ордовикского плато, представлена зеленовато-серыми крепкими известняками, местами глинистыми.

Солецкая свита (O_{2sl}) характеризуется присутствием значительного количества прослоев горючих сланцев - кукерситов. Свита распространена в юго-западной части территории, представлена светло-серыми доломитизированными известняками с глинистыми прослоями.

Грязновская свита ($O_2 gr$) сложена крепкими серыми известняками, обычно доломитизированными.

Девонская система

Средний отдел

Наровская свита (D_{2nr}) повсеместно перекрывается четвертичными образованиями изменчивой мощности. Разрез свиты представлен слоями слаботрещиноватых зеленовато-серых мергелей и серых доломитов.

Четвертичная система

Отложения четвертичного возраста на рассматриваемой площади имеют практически сплошное распространение, залегая на неровной поверхности дочетвертичных пород.

Плейстоцен. Неоплейстоцен. Среднее звено.

Днепровский горизонт

Отложения горизонта сохранились локально из-за деятельности последующих ледников, сложены из одного-двух, а кое-где и из трех слоев морен, разделенных флювиогляциальными и озерно-ледниковыми отложениями.

Флювиогляциальные отложения ($f_s\Pi dn$) представлены разнозернистыми, иногда гравелистыми песками с включениями гравия, гальки и валунов кристаллических пород.

Озерно-ледниковые отложения ($lg_s\Pi dn$) сложены супесями, песками, гораздо реже суглинками и глинами.

Ледниковые отложения ($g\Pi dn$) выражена суглинками реже супесями темно-серыми, зеленовато-серыми с включениями гравия, гальки и валунов кристаллических пород, принесенных с Балтийского щита.

Московский горизонт

Отложения, связанные с московским оледенением, состоят из морены, флювиогляциальных и озерно-ледниковых образований.

Ледниковые отложения ($g\Pi ms$) представлены мореной, сложенной твердыми суглинками, реже супесями буровато-коричневого цвета с включениями того или иного количества гравия, гальки и валунов изверженных и частично осадочных пород.

Флювиогляциальные отложения ($f\Pi ms$) распространены сравнительно широко. В составе флювиогляциала пески различной зернистости, песчано-гравийная смесь, линзы и прослой гравийно-галечного материала.

Озерно-ледниковые отложения ($lg \Pi ms$) широко распространены к северу от левобережной части Приневской низины. Литологический состав озерно-ледниковых отложений весьма многообразен. Примерно в равных долях присутствуют пески желтовато-серого цвета, коричневатые суглинки и глины, а также коричневые ленточные глины.

Верхнее звено

Микулинский горизонт

Отложения микулинского межледникового горизонта представлены исключительно морскими фациями.

Мгинские слои

Морские отложения (mIII_{mg}) представлены зеленовато-черными глинами и суглинками, местами слоистыми, содержащих включения гравия, гальки и валунов кристаллических пород, переотложенных из московской морены.

Подпорожский горизонт

Озерные и озерно-ледниковые отложения (I,lgIII_{kg}) входят в состав верхнего межморенного горизонта и представляют собой образования периода начального наступания валдайского ледника. В их составе пески, супеси и алевриты светло-серые, глины темно-серые.

Ленинградский горизонт

Озерные отложения (I III ln), средний валдай, представлены преимущественно тонкозернистыми пылеватыми песками и алевритами.

Осташковский горизонт

Отложения ледникового комплекса осташковского горизонта покрывают практически всю территорию рассматриваемого района, составляя основную верхнюю часть разреза четвертичного покрова. Весь район является областью развития последней крупной стадии (лужской) последнего осташковского оледенения.

Лужские слои

Флювиогляциальные подморенные отложения (fgIII lz), формирование которых происходило в процессе наступания осташковского оледенения представлены полевошпатово-кварцевыми песками с гравием и галькой кристаллических пород.

Озерно-ледниковые подморенные отложения (lg III lz) сложены суглинками, пылеватыми песками, светло-серыми супесями, реже глинами.

Ледниковые отложения (gIII lz) распространены практически повсеместно, слагая первый от поверхности и основной моренный горизонт. Литологический состав морены неоднороден. Представлена она валунными песчано-глинистыми породами, преобладают грубопесчаные суглинки разнообразных оттенков. Цвет морены обусловлен окраской подстилающих отложений.

Голоцен

Голоценовые отложения на территории рассматриваемого района имеют повсеместное распространение. Обычная их мощность не превышает нескольких метров, однако максимальная достигает значений 20-25 м.

Голоценовые образования представлены, в основном, отложениями водного ряда, главным образом, морскими и озерными, связанными со стадийным развитием послеледниковой Балтики. Большое площадное распространение имеют биогенные (болотные) отложения. На небольших участках развиты эоловые, хемогенные и техногенные образования, а по всем рекам аллювиальные отложения (Ауслендер, 2003).

Техногенные отложения (tIV) распространены достаточно широко, но неравномерно по всей территории главным образом, они развиты в черте города, а также на незначительных участках пригородной зоны. Это обычно насыпные грунты, смесь отходов промышленного и строительного производства и бытовых отходов (свалки), шоссейные и железнодорожные насыпи, дамбы, а также планомерно отсыпаемые и намывные грунты. Мощности их разнообразны от 1-2 до 7-8 м.

1.5.3 Тектоника

Территория Ленинградской области имеет типичную для платформы двухуровневую структуру - кристаллический фундамент и осадочный чехол. Недалеко от города проходит зона сочленения Балтийского щита и Русской платформы.

Кристаллический фундамент разбит системой региональных тектонических разломов и сетью более мелких разрывных нарушений на отдельные блоки. Тектонические разломы имеют преимущественно северо-восточное, северо-западное, субширотное простирание. Блоки фундамента движутся относительно друг друга с разной скоростью и интенсивностью (Геология СССР, 1971).



Рисунок 3 Схема тектонических разломов Санкт-Петербурга (<http://geopatologia.ru/spb.html>)

1.6 Гидрогеологические условия

Рассматриваемая территория находится в пределах северо-западного крыла Ленинградского артезианского бассейна, где под четвертичный покров выходят дочетвертичные образования от среднего девона до венда.

Здесь находятся Ижорская и Лемболовская возвышенности, являющиеся областями питания подземных вод. Значительную часть территории занимает акватория Финского залива - региональный базис дренирования водоносных подразделений.



Рисунок 4 Ленинградский артезианский бассейн (<http://sevzapnedra.nw.ru>)

Гидрогеологические условия на изученной территории определяются не только природными факторами, но и в значительной степени, влиянием различной хозяйственной деятельности. Под воздействием Петербургского градопромышленного комплекса и интенсивного освоения Карельского перешейка произошли существенные нарушения гидродинамического равновесия, выразившиеся в образовании обширной пьезометрической депрессии. Хозяйственная деятельность оказывает влияние и на качественный состав подземных вод, что особенно проявляется на территории города и на Ижорской возвышенности, где подземные воды не защищены от поверхностного загрязнения (Геология СССР, 1971).

1.6.1 Подземные воды четвертичных отложений

Четвертичные отложения на рассматриваемой территории характеризуются большой литолого-генетической неоднородностью и колебаниями мощности осадков - от первых метров до 110-140 м. Подземные воды приурочены к песчаным разностям отложений. Верхний надморенный комплекс осадков, выходящий на дневную поверхность содержит грунтовые (безнапорные) воды. Осадки, залегающие между моренами валдайского, московского и днепровского оледенений и приуроченные чаще к глубоким древним долинам, содержат межморенные напорные водоносные комплексы (Ауслендер, 2003).

В четвертичных отложениях выделены следующие гидрогеологические подразделения:

1. Слабоводоносный современный техногенный комплекс (t IV);

Комплекс выделен на небольших площадях в окрестностях Санкт-Петербурга. Отложения комплекса представлены отходами промышленного и строительного производства, бытовыми отходами (свалки). Мощность техногенных отложений до 6 м

1. Слабоводоносный современный техногенно-морской комплекс (t, m IV);

Техногенные отложения включают насыпные грунты, представленные отходами промышленного и строительного производства и бытовых отходов (свалки), а также намывные грунты. Мощность техногенных отложений изменяется от 1 до 12 м, морских 3-5 м.

2. Водоносный современный болотный горизонт (b IV);

Водоносный безнапорный горизонт приурочен к болотным отложениям, которые представлены торфами. Характерная мощность торфов 3-5 м.

Питание болот осуществляется атмосферными осадками, а также за счет подземных вод озерно-ледниковых отложений и отложений, слагающих камы.

3. Водоносный современный хемогенный горизонт (ch IV);

Хемогенные отложения имеют на исследуемой территории ограниченное распространение. Самый большой по площади участок выделяется возле болота Порзоловское. Эти отложения представлены известковым туфом и гажой - рыхлой породой известковистого состава. Образование их связано с выпадением извести из раствора. Мощность их изменяется от 0,25 до 3,0 м.

4. Водоносный современный аллювиально-озерный комплекс (а, I IV);

Комплекс объединяет современные аллювиальные и озерные отложения. Аллювиальные отложения слагают пойму, террасы и русла рек, озерные отложения приурочены к пониженным участкам береговой линии крупных озер (оз.Полянское, Подгорное, Гладышевское).

Водовмещающие породы представлены разномерными песками, супесями с прослоями суглинков. Мощность осадков составляет 0,5-7,0 м. Воды повсеместно безнапорные.

5. Водоупорный верхнечетвертично-современный горизонт (озерные, морские и озерно-ледниковые отложения lg III vd - 1, m IV);

Горизонт объединяет отложения различных стадий Балтийского моря - современные озерные и верхнечетвертичные озерно-ледниковые отложения и развит на всей исследуемой территории. Отложения, включенные в данный горизонт, представлены суглинками и глинами. Общая мощность в среднем составляет 10 -15 м.

6. Водоносный современный озерно-морской комплекс (l, m IV);

Развит на равнинах с абсолютными отметками до 10-15 м, имеет ограниченное распространение и протягивается узкой полосой вдоль побережья Финского залива. Комплекс приурочен к отложениям различных стадий Балтийского моря, анцилового и иольдиевого морей.

Водовмещающие породы - пески разномерные, супеси с прослоями суглинков. Общая мощность изменяется от 2 до 15 м.

7. Неводоносный проницаемый современный эоловый горизонт (V IV);

Эоловые отложения распространены на небольших участках по берегу Финского залива, образуют холмы и гряды высотой 3,0-20,0 м. Представлены тонко и мелкозернистыми песками, на отдельных участках с прослоями погребенной почвы. Мощность их изменяется в пределах 10 м.

8. Проницаемый неводоносный валдайский озерно-ледниковый надморенный горизонт (lg III vd);

Представлен песками преимущественно мелко- и тонкозернистыми с единичным гравием и галькой небольшой мощности - до 2 м. В силу условий залегания (возвышенности) и небольшой мощности горизонт сдренирован и на гидрогеологической карте показан контуром.

9. Слабоводоносный локально водоупорный валдайский озерно-ледниковый надморенный горизонт (lg III vd);

Развит в основном на территории Приморской и Приневской низины, на отдельных участках встречается в Предглинтовой низменности. В комплекс включены озерно-ледниковые ленточные глины, содержащие песчаные и супесчаные прослои и линзы.

Мощность отложений комплекса от 0,8 до 15 м.

10. а) Слабоводоносный валдайский озерно-ледниковый надморенный горизонт (lg III vd);

Горизонт занимает значительные площади на всей рассматриваемой территории. Он приурочен к валдайским озерно-ледниковым супесям, а также переслаивающимся мелкозернистыми песками и суглинками.

Мощность горизонта непостоянна и изменяется от 2-5 до 20-25 м, составляя в среднем 8-15 м.

б) Слабопроницаемый неводоносный валдайский озерно-ледниковый надморенный горизонт (lg III vd);

Представлен озерно-ледниковыми супесями небольшой мощности, залегающими, как правило, на возвышенностях на лужской морене. Мощность супесей не превышает 2 м.

11. а) Водоносный валдайский водно-ледниковый надморенный горизонт (f,lgIII vd);

Горизонт объединяет озерно-ледниковые и флювиогляциальные отложения лужской стадии и озерно-ледниковые балтийского ледникового озера. Подземные воды, как правило, безнапорные. Мощность водоносного горизонта изменяется от 1 до 30 м.

б) Водоносный валдайский водноледниковый камовый надморенный горизонт (f, lg III vd);

Водоносный горизонт распространен ограниченно в северной части территории на Карельском перешейке. Приурочен к отложениям внутри ледниковых озер - камам.

Отложения слагающие камы, представлены довольно разнообразным комплексом пород, среди которых преобладающую роль играют пески с включением гравия и гальки.

Мощность водовмещающих пород в пределах Карельского перешейка преимущественно 20-30 м.

12. а) Слабоводоносный локально водоупорный лужский моренный комплекс (g III lz);

Моренный комплекс распространен практически повсеместно на Карельском перешейке.

Литологический состав комплекса неоднороден. Он представлен валунными супесями, в нижних частях - валунными суглинками. Общая мощность комплекса в среднем составляет около 10 м.

б) Водоупорный локально слабоводоносный лужский моренный комплекс (g_a III lz);

Суглинистая морена развита почти повсеместно, за исключением небольших участков выхода дочетвертичных пород на поверхность. Общая мощность морены колеблется от 1-5 до 30-50 м.

в) Слабопроницаемый неводоносный лужский моренный комплекс (g III lz).

Комплекс характеризуется весьма ограниченным островным распространением. Эта морена плащеобразно залегает на камовых террасах Южковской, Колтушской и Токсовской возвышенностей, на вершинах отдельных крупных и небольших холмов на северо-западе и северо-востоке района. Представлен плотными супесями, реже суглинками с включением гравия, гальки и валунов, с гнездами и линзами песков.

Мощность комплекса невелика, обычно составляет 1-4 м

13. Водоносный локально водоупорный московско-валдайский межморенный комплекс (l, m, f, lg II ms - III vd);

Водоносный комплекс широко развит на территории Карельского перешейка и Приневской низины. В южной части района работ распространён ограниченно.

Литологический состав водовмещающих пород комплекса представлен песками с гравием и галькой с линзами и прослоями галечника. Преобладающая мощность комплекса - 20-30 м.

14. Водоупорный локально-слабоводоносный московский моренный комплекс (g II ms);

Комплекс имеет широкое распространение на территории Карельского перешейка и Приневской низины. Севернее левобережья р.Невы комплекс имеет почти сплошное распространение за исключением отдельных участков размыва, большая часть которых сосредоточена в древних долинах. Московская морена представлена суглинками и супесями.

Мощность морены колеблется в интервале от 1-2 м (в местах размыва) до 30-44 м.

15. Водоносный днепровско-московский водно-ледниковый межморенный комплекс (f, lg II dn-ms);

Развит преимущественно на Карельском перешейке и в Приневской низине. Водовмещающие породы представлены преимущественно разнотельными песками и песками с включением гравия, гальки, реже валунов, мощностью от 1-2 до 30-70 м в древних долинах. В составе комплекса присутствуют также суглинки, глины, ленточные глины, образуя водоупорный днепровско-московский межморенный горизонт, который выделяется только на разрезах. Воды комплекса напорные. Величина напора 20-70 м.

16. Водоупорный локально слабоводоносный днепровский моренный комплекс (g II dn);

Днепровская морена развита в пределах глубоких древних долин в Приневской низине и южной части Карельского перешейка. В северной части территории она не только выполняет древние долины.

Морена представлена суглинками, реже супесями с включением гравия, гальки и валунов. Мощность морены колеблется от 1-2 до 60 м.

17. Водоносный днепровский водно-ледниковый подморенный комплекс (f,lg,II_{dn}).

Комплекс распространен в южной части Карельского перешейка и в Приневской низине. В водоносный комплекс включены флювиогляциальные и озерно-ледниковые отложения, представленные разномерными песками с включением гравия, гальки, реже валунов, супесями. Вскрытая скважинами мощность комплекса от 2-3 до 40 м.

Воды комплекса напорные, пьезометрический уровень превышает поверхность земли на 2,9 м.

1.6.2 Дочетвертичные гидрогеологические подразделения

Рассматриваемая территория сложена толщей осадочных пород от венда до среднего девона, к которой приурочены пластовые и трещинно-карстовые воды.

На самом северо-западе территории по древним долинам на поверхность выходят кристаллические породы фундамента, содержащие трещино-жильные воды.

В гидрогеологическом разрезе присутствуют два мощных регионально выдержанных водоупора (лонтоваские и верхнекотлинские глины), создающие условия хорошей защищенности вод от поверхностного загрязнения (Ауслендер, 2003).

В осадочной толще выделяются следующие гидрогеологические подразделения:

1. Водоносный наровский горизонт (D_2 нг).

Горизонт развит под четвертичными отложениями на небольших площадях в южной части и имеет обычно мощность 5-8 м. В разрезе преобладают трещиноватые мергели и доломиты с прослоями глин, алевролитов и песчаников.

2. Водоносный ордовикский горизонт (O_{1-2}).

Водоносный горизонт распространен в пределах Ижорского плато и охватывает карбонатную толщу от волховского до идавереского горизонта. Мощность горизонта увеличивается от 5-10 м в приглинтовой полосе до 20-30 м в южной части территории за счет наращивания более молодых слоев ордовика. Водовмещающие породы представлены трещиноватыми и закарстованными известняками и доломитами с редкими прослоями мергелей и глин.

Ордовикский горизонт содержит, как правило, безнапорные воды.

3. Водоупорный копорско-леэтсеский горизонт (O_1 кр-лт).

Водоупорный горизонт объединяет породы копорской и леэтсеской свит нижнего ордовика и развит в приглинтовой зоне. На склоне уступа в виде узкой полосы он выходит на поверхность, а в южном направлении погружается под ордовикский водоносный горизонт, отделяя его от нижележащего кембро-ордовикского горизонта.

Водоупорный горизонт представлен глинами, глинистыми песчаниками и диктионемовыми сланцами (аргиллитами). Общая мощность горизонта в районе уступа составляет 5-7 м, в южном и юго-восточном направлении сокращается до 1,5-3,0 м. В целом копорско-леэтсеский горизонт следует рассматривать как относительный водоупор.

4. Водоносный кембро-ордовикский горизонт (f - O).

Водоносный горизонт развит к югу от Балтийско-Ладожского глинта на Ижорском плато и включает терригенные породы от саблинской свиты среднего кембрия до тосненской свиты нижнего ордовика.

Водовмещающие породы представлены песками и песчаниками с редкими прослоями глин общей мощностью от 3-5 м в районе глинта до 10-15 м в южной части территории.

Водоносный горизонт содержит в основном напорные воды. Величина напора изменяется от 3-5 м до 20-27 м.

5. Водоупорный лонтоваский горизонт (f_1 ln).

Лонтоваский горизонт распространен повсеместно в южной половине территории и является водоупорной крышкой для водоносного ломоносовского горизонта. Лонтоваский горизонт сложен плотными тонкоплитчатыми глинами.

Мощность горизонта от 3-10 м в зоне выклинивания до 20-90 м в Предглинтовой низменности.

Лонтоваский горизонт «синих глин» является региональным водоупором на территории Ленинградского артезианского бассейна.

6. Водоносный ломоносовский горизонт (f_1 lm)

Водоносный горизонт распространен повсеместно к югу от Финского залива и к югу и юго-востоку от Санкт-Петербурга. Водовмещающие породы представлены тонко- и мелкозернистыми песчаниками с прослоями алевролитов и глин. Мощность горизонта возрастает от 2-10 м вблизи побережья Финского залива до 15-26 м в южной и юго-восточной части территории.

Горизонт содержит напорные воды. Величина напора от 1,5 м до 60 м.

7. Водоупорный верхнекотлинский горизонт (V kt₁₋₂).

Верхнекотлинский горизонт развит на большей части территории за исключением северо-западной ее части и участков дочетвертичной эрозии, где котлинские глины размыты. Мощность горизонта, зависящая от дочетвертичного рельефа изменяется в больших пределах от 10 до 90 м. Горизонт сложен плотными зеленовато-серыми глинами с коэффициентом фильтрации и является мощным регионально выдержанным водоупором.

8. Водоносный котлинский горизонт (V kt₁₋₂).

Водоносный горизонт развит на преобладающей части территории, отсутствуя лишь на северо-западе вдоль эрозионных дочетвертичных долин. Мощность его составляет 30-70 м. Горизонт представлен переслаиванием песчаников, алевролитов и глин.

Подземные воды песчаных прослоев повсеместно напорные. Величина напора не превышает 70-100 м.

9. Водоносный старорусский горизонт (Vsr₁₋₂).

Водоносный горизонт развит почти повсеместно, отсутствуя лишь на участках выхода на поверхность кристаллических пород фундамента в северо-западной части территории. Мощность горизонта составляет 10-40 м. Водовмещающие породы представлены мелко- и разномерными песчаниками, в подошве обогащенными гравийно-галечным материалом, встречаются тонкие прослои глины.

Подземные воды старорусского горизонта имеют обычно напор, величина которого 75-110 м.

10. Слабоводоносная архейско-нижнепротерозойская зона кристаллических пород AR-PR₁

На большей части территории породы интрузивно-метаморфогенного комплекса образуют кристаллическое основание для всей осадочной толщи и лишь на северо-западе в древних долинах они залегают непосредственно под четвертичными отложениями. Водоносность кристаллических пород (гнейсы, мигматиты, граниты, амфиболиты, кристаллические сланцы) связана в основном с эндогенной трещиноватостью.

Вода пресная гидрокарбонатная натриевая с минерализацией 0,1 г/дм³.

Глава 2. Инженерно-геологические условия участка строительства

2.1 Местоположение, геоморфология, климат

Местоположение участка работ

В административном отношении исследуемый участок проведения работ расположен на незастроенной территории по адресу: Ленинградская область, Всеволожский район, поселок Ковалево, участок 16, кадастровый номер 47:07:1302195:91 (земельный участок № 16 по ППТ).

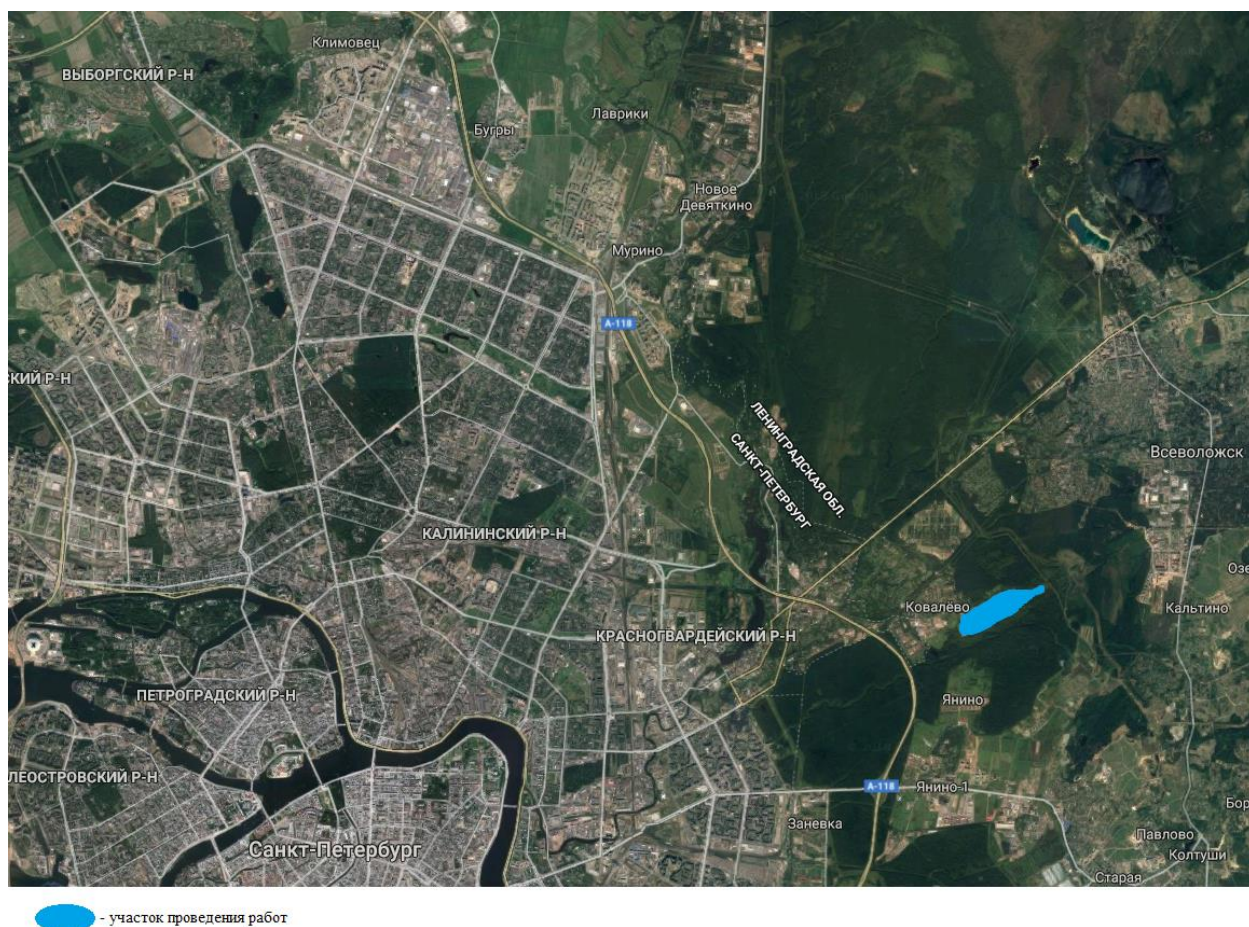


Рисунок 5 Расположение участка проведения работ (<https://www.google.ru/maps/>)

Участок представляет собой территорию бывшего аэропорта "Ржевка", со взлетной полосой, рулежными дорожками и бывшими вспомогательными сооружениями, разделенными зелеными полосами, заросшими кустарником и редким лесом.

Часть территории занимают арендаторы, которые занимают площади, расположенные в складах и ангарах, под ремонтные базы, стоянку большегрузных автомобилей и спецтехники.

Геоморфологические условия

В геоморфологическом отношении рассматриваемая площадка строительства расположена в пределах Приневской низменности. Рельеф площадки равнинный, абсолютные отметки поверхности изменяются от 16,20 до 18,10 м (по устьям пройденных выработок).

Климатические условия

На климатические условия рассматриваемой территории оказывают влияние Атлантический океан и внутренние водоемы (Финский залив и Ладожское озеро). В целом, климат характеризуется как близкий к морскому, умеренно холодный, влажный, с умеренно теплым влажным летом и довольно продолжительной умеренно холодной зимой. Ветры южных, юго-западных и западных направлений приносят теплый и влажный атлантический воздух. Смена различных воздушных масс является причиной неустойчивой, изменчивой погоды.

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

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

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

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

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

Рассматриваемая территория расположена в сейсмически спокойном районе, однако слабые толчки отмечались в разные годы (3-4 балла). Сейсмическая активность района, согласно СП 14.13330.2014, составляет 5 баллов.

2.2 Инженерно-геологическое строение участка

В геологическом строении участка по данным бурения и статического зондирования до глубины 43,00 м принимают участие:

- современные техногенные (*t IV*) образования, представленные насыпными грунтами, слежавшимися (**ИГЭ 1**);
- верхнечетвертичные озерно-ледниковые (*lg III*) отложения, представленные песками пылеватыми плотными и средней плотности (**ИГЭ 2, 2a**) супесями пластичными, ожелезненными (**ИГЭ 3**), супесями твердыми, ожелезненными (**ИГЭ 3a**), суглинками тугопластичными, ленточными (**ИГЭ 4**), суглинками текучими, ленточными, тиксотропными (**ИГЭ 5**), суглинками текучепластичными, слоистыми, тиксотропными (**ИГЭ 6**), супесями пластичными, тиксотропными (**ИГЭ 7**), песками пылеватыми плотными и средней плотности (**ИГЭ 8, 8a**), песками средней крупности, плотными (**ИГЭ 8б**);
- верхнечетвертичные ледниковые (*g III*) отложения, представленные супесями твердыми (**ИГЭ 10, 11**), супесями пластичными (**ИГЭ 11a**), песками мелкими, плотными (**ИГЭ 12**), песками средней крупности, плотными (**ИГЭ 12a**), песками гравелистыми, плотными (**ИГЭ 12в**);
- верхнечетвертичные морские отложения микулинского горизонта (*m III*), представленные песками пылеватыми, плотными (**ИГЭ 13**), суглинками твердыми, с примесью органических веществ (**ИГЭ 14**);
- среднечетвертичные озерно-ледниковые (*lgII*) отложения, представленные глинами твердыми, слоистыми (**ИГЭ 16**);
- среднечетвертичные ледниковые (*g II*) отложения, представленные супесями твердыми (**ИГЭ 18**) и песками крупными, плотными (**ИГЭ 19**).

Отложения с поверхности практически повсеместно, перекрыты почвенно-растительным слоем мощностью 0,20-0,40 м.

2.3 Физико-механические свойства инженерно-геологических элементов

По составу и физико-механическим свойствам на исследуемом участке выделено 23 инженерно-геологических элемента (ИГЭ):

Четвертичная система - Q

Современные отложения - Q IV

Техногенные образования - t IV

ИГЭ 1 - Насыпные грунты, слежавшиеся: супеси пластичные, серовато-коричневые, перемешанные с песками разной крупности, с дресвой, щебнем, гравием и строительным мусором (куски кирпичей, бетона) до 15-20%, с растительными остатками, местами с гнездами торфов. Срок отсыпки > 5 лет. Вскрыты в скв. № 16-1, 16-2, 16-4, 16-5, 16-10, 16-11, 16-32, 16-33, 16-37 - 16-43. Залегают с поверхности (абс. отм. кровли 16,60 - 18,10 м), мощность составляет 0,70 - 1,80 м.

При проведении испытаний грунтов статическим зондированием насыпные грунты были разбурены в т.с.з. № 16-1 - 16-3, 16-39 - 16-43.

Коэффициент фильтрации для насыпных грунтов, слежавшихся (***ИГЭ 1***) составляет 1,00 м/сут (приводится по «Справочнику техника-геолога по инженерно-геологическим и гидрогеологическим работам», 1982 г.).

Верхнечетвертичные отложения - Q III

Озерно-ледниковые отложения - lg III

Озерно-ледниковые отложения представлены песками пылеватыми плотными и средней плотности (***ИГЭ 2, 2a***) супесями пластичными, ожелезненными (***ИГЭ 3***), супесями твердыми, ожелезненными (***ИГЭ 3a***), суглинками тугопластичными, ленточными (***ИГЭ 4***), суглинками текучими, ленточными, тиксотропными (***ИГЭ 5***), суглинками текучепластичными, слоистыми, тиксотропными (***ИГЭ 6***), супесями пластичными, тиксотропными (***ИГЭ 7***), песками пылеватыми плотными и средней плотности (***ИГЭ 8, 8a***), песками средней крупности, плотными (***ИГЭ 8б***). Распространены повсеместно на участке изысканий и залегают под почвенно-растительным слоем и насыпными грунтами, слежавшимися.

ИГЭ 2 - Пески пылеватые, плотные, неоднородные, коричневые и серовато-коричневые, влажные и насыщенные водой, с прослойками супесей пластичных, местами с гнездами ожелезнения. Залегают на глубинах 0,50-3,30 м (абс. отм. кровли 13,25-17,00 м), мощность составляет 0,40-3,30 м.

Коэффициент фильтрации для песков пылеватых, плотных (*ИГЭ 2*) составляет 0,50 м/сут (приводится по «Справочнику техника-геолога по инженерно-геологическим и гидрогеологическим работам», 1982 г.).

ИГЭ 2а - Пески пылеватые, средней плотности, неоднородные, коричневые и серовато-коричневые, влажные и насыщенные водой, с прослойками супесей пластичных, местами с гнездами ожелезнения. Залегают на глубинах 0,20-2,10 м (абс. отм. кровли 14,70-17,00 м), мощность составляет 0,30-2,30 м.

Коэффициент фильтрации для песков пылеватых, средней плотности (*ИГЭ 2а*) составляет 0,50 м/сут (приводится по «Справочнику техника-геолога по инженерно-геологическим и гидрогеологическим работам», 1982 г.).

ИГЭ 3 - Супеси пылеватые пластичные, ожелезненные, местами выветрелые, коричневые и серовато-коричневые, с прослоями песков пылеватых, насыщенных водой. Залегают на глубинах 0,20-1,10 м (абс. отм. кровли 15,70-16,60 м), мощность составляет 0,20-2,10 м.

Коэффициент фильтрации для супесей пластичных, ожелезненных (*ИГЭ 3*) составляет 0,10 м/сут (приводится по «Справочнику техника-геолога по инженерно-геологическим и гидрогеологическим работам», 1982 г.).

ИГЭ 3а - Супеси пылеватые твердые, ожелезненные, выветрелые, коричневые и серовато-коричневые, с прослоями песков пылеватых, влажных. Залегают на глубинах 1,50-2,50 м (абс. отм. кровли 13,80-14,96 м), мощность составляет 0,80-2,20 м.

Коэффициент фильтрации для супесей твердых, ожелезненных, выветрелых (*ИГЭ 3а*) составляет 0,10 м/сут (приводится по «Справочнику техника-геолога по инженерно-геологическим и гидрогеологическим работам», 1982 г.).

ИГЭ 4 - Суглинки легкие пылеватые, тугопластичные, с прослоями мягкопластичных, ленточные, ожелезненные, местами выветрелые, коричневые, с прослойками песков пылеватых, насыщенных водой. Залегают на глубинах 1,30-2,20 м (абс. отм. кровли 14,45-15,40 м), мощность составляет 0,40-2,00 м.

Коэффициент фильтрации для суглинков тугопластичных (*ИГЭ 4*) составляет 0,02 м/сут (приводится по «Справочнику техника-геолога по инженерно-геологическим и гидрогеологическим работам», 1982 г.).

ИГЭ 5 - Суглинки тяжелые пылеватые, текучие, с прослоями текучепластичных, ленточные, тиксотропные, серовато-коричневые, с прослойками песков пылеватых,

насыщенных водой. Залегают на глубинах 1,70-5,10 м (абс. отм. кровли 12,25-15,70 м), мощность составляет 0,50-4,30 м.

Коэффициент фильтрации для суглинков текучих (**ИГЭ 5**) составляет 0,005 м/сут (приводится по «Справочнику техника-геолога по инженерно-геологическим и гидрогеологическим работам», 1982 г.).

ИГЭ 6 - Суглинки легкие пылеватые, текучепластичные, с прослоями текучих, слоистые, тиксотропные, серые, с прослойками песков пылеватых, насыщенных водой.

Залегают на глубинах 2,90-9,20 м (абс. отм. кровли 8,90-14,10 м), мощность составляет 0,30-1,60 м.

Коэффициент фильтрации для суглинков текучепластичных (**ИГЭ 6**) составляет 0,01 м/сут (приводится по «Справочнику техника-геолога по инженерно-геологическим и гидрогеологическим работам», 1982 г.).

ИГЭ 7 - Супеси пылеватые пластичные, неяснослоистые, тиксотропные, серые, с частыми прослоями песков пылеватых и мелких, насыщенных водой. Залегают на глубинах 4,00-9,80 м (абс. отм. кровли 8,30-13,35 м), мощность составляет 0,40-1,40 м.

Коэффициент фильтрации для супесей пластичных (**ИГЭ 7**) составляет 0,10 м/сут (приводится по «Справочнику техника-геолога по инженерно-геологическим и гидрогеологическим работам», 1982 г.).

ИГЭ 8 - Пески пылеватые, плотные, неоднородные, серые и коричневатые-серые, насыщенные водой, с гравием и галькой изверженных пород до 5%. Залегают на глубинах 3,10-10,60 м (абс. отм. кровли 7,50-13,46 м), мощность составляет 0,20-3,10 м.

Коэффициент фильтрации для песков пылеватых, плотных (**ИГЭ 8**) составляет 0,50 м/сут (приводится по «Справочнику техника-геолога по инженерно-геологическим и гидрогеологическим работам», 1982 г.).

ИГЭ 8а - Пески пылеватые, средней плотности, неоднородные, серые и коричневатые-серые, насыщенные водой, с гравием и галькой изверженных пород до 5%. Залегают на глубинах 4,00-6,50 м (абс. отм. кровли 10,30-12,55 м), мощность составляет 0,40-2,70 м.

Коэффициент фильтрации для песков пылеватых, средней плотности (**ИГЭ 8а**) составляет 0,50 м/сут (приводится по «Справочнику техника-геолога по инженерно-геологическим и гидрогеологическим работам», 1982 г.).

ИГЭ 8б - Пески средней крупности, плотные, неоднородные, серые, насыщенные водой, с гравием и галькой изверженных пород до 5%. Залегают на глубинах 6,50-6,80 м (абс. отм. кровли 9,50-10,40 м), мощность составляет 1,30-2,50 м.

Коэффициент фильтрации для песков средней крупности, плотных (**ИГЭ 8б**) составляет 5,00 м/сут (приводится по «Справочнику техника-геолога по инженерно-геологическим и гидрогеологическим работам», 1982 г.).

В озерно-ледниковых суглинках текучих, ленточных (ИГЭ 5), суглинках текучепластичных, слоистых (ИГЭ 6), супесях пластичных, неяснослоистых (ИГЭ 7) отмечена способность к тиксотропным превращениям, которая выражается в переходе этих грунтов в более текучее состояние под воздействием динамических нагрузок, а после прекращения - в частичном восстановлении своей структуры и прочности. Тиксотропные свойства подтверждаются разницей в наименовании консистенции по визуальному описанию, по показателю «С_в» и «I_L».

Разность средних значений «С_в» при нарушенной и ненарушенной структуре в суглинках текучих, ленточных (ИГЭ 5) - 0,58, суглинках текучепластичных, слоистых (ИГЭ 6) - 0,42, в супесях пластичных, неяснослоистых (ИГЭ 7) - 0,38; степень выраженности структурных связей в суглинках текучих, ленточных (ИГЭ 5) - значительная, в суглинках текучепластичных, слоистых (ИГЭ 6) и в супесях пластичных (ИГЭ 7) - средняя.

(Методические указания П.О. Бойченко «Определение пределов пластичности и консистенции глинистых грунтов методом конуса», ЛГУ, 1964 г.).

Ледниковые отложения - г III

Ледниковые отложения представлены супесями твердыми (**ИГЭ 10, 11**), супесями пластичными (**ИГЭ 11а**), песками мелкими, плотными (**ИГЭ 12**), песками средней крупности, плотными (**ИГЭ 12а**), песками гравелистыми, плотными (**ИГЭ 12в**). Распространены повсеместно на участке изысканий и залегают под верхнечетвертичными озерно-ледниковыми отложениями (*lg III*).

ИГЭ 10 - Супеси пылеватые твердые, серые, с линзами и гнездами песков разной крупности, влажных, с гравием и галькой изверженных пород до 10-15%, с отдельными валунами. Залегают на глубинах 5,00-9,00 м (абс. отм. кровли от 7,30 до 11,90 м), мощность составляет 1,00-4,30 м.

ИГЭ 11 - Супеси песчанистые твердые, коричневато-серые, с линзами и гнездами песков разной крупности, влажных, с гравием и галькой изверженных пород до 10-15%, с отдельными валунами. Залегают на глубинах 7,50-18,70 м (абс. отм. кровли от минус 1,65 до 9,25 м), мощность составляет 1,00-8,00 м.

ИГЭ 11а - Супеси песчанистые пластичные, коричневато-серые, с частыми линзами песков мелких и средней крупности, влажных и насыщенных водой, с гравием и галькой изверженных пород до 10-15%, с отдельными валунами. Залегают на глубинах 9,00-22,60 м (абс. отм. кровли от минус 6,25 до 7,70 м), мощность составляет 1,20-8,00 м.

ИГЭ 12 - Пески мелкие, плотные, неоднородные, серые, насыщенные водой, с гравием и галькой изверженных пород до 10%. Залегают на глубинах 11,00-16,00 м (абс. отм. кровли от 0,30 до 5,60 м), мощность составляет 0,90-3,00 м.

ИГЭ 12а - Пески средней крупности, плотные, неоднородные, серые, насыщенные водой, с гравием и галькой изверженных пород до 10%. Залегают на глубинах 13,00-20,00 м (абс. отм. кровли от минус 3,65 до 3,60 м), мощность составляет 1,20-8,00 м.

ИГЭ 12в - Пески гравелистые, плотные, неоднородные, коричневато-серые и серые, насыщенные водой. Залегают на глубинах 7,00-17,30 м (абс. отм. кровли от минус 0,40 до 10,70 м), мощность составляет 3,20-4,20 м.

Морские отложения - т III

Морские отложения представлены песками пылеватыми, плотными (**ИГЭ 13**), суглинками твердыми, с примесью органических веществ (**ИГЭ 14**). Распространены практически повсеместно на участке изысканий и залегают под верхнечетвертичными ледниковыми отложениями (*g III*).

ИГЭ 13 - Пески пылеватые, плотные, неоднородные, серые, с прослойками суглинков твердых, насыщенные водой. Залегают на глубинах 12,20-18,20 м (абс. отм. кровли от минус 1,80 до 5,05 м), мощность составляет 1,00-1,90 м.

ИГЭ 14 - Суглинки тяжелые пылеватые, твердые, темно-серые, местами серовато-коричневые, с прослойками песков пылеватых, влажных, с примесью органических веществ, черного цвета, с редкими плохосохранившимися ракушками. Залегают на глубинах 13,50-25,00 м (абс. отм. кровли от минус 8,65 до 3,70 м), мощность составляет 1,00-5,20 м.

Среднечетвертичные отложения - Q II

Озерно-ледниковые отложения - lg II

Озерно-ледниковые отложения представлены глинами и твердыми (**ИГЭ 16**). Распространены повсеместно на участке изысканий и залегают под верхнечетвертичными морскими отложениями (*m III*).

ИГЭ 16 - Глины легкие пылеватые, твердые, слоистые, коричневые, с прослойками песков пылеватых, влажных. Залегают на глубинах 17,50-24,50 м (абс. отм. кровли от минус 8,10 м до минус 0,65 м), мощность составляет 1,30-3,50 м.

Ледниковые отложения - g II

Ледниковые отложения представлены супесями твердыми (**ИГЭ 18**) и песками крупными, плотными (**ИГЭ 19**). Распространены повсеместно на участке изысканий и залегают под среднечетвертичными озерно-ледниковыми отложениями (*lg II*).

ИГЭ 18 - Супеси песчанистые и пылеватые твердые, серовато-коричневые и коричневые, с линзами и гнездами песков мелких, влажных, с гравием и галькой изверженных пород до 15-20%, с отдельными валунами, местами с единичными обломками песчаников, средней прочности. Залегают на глубинах 20,10-29,80 м (абс. отм. кровли от минус 12,95 м до минус 3,15 м), вскрытая мощность составляет 6,00-22,90 м.

ИГЭ 19 - Пески крупные, плотные, неоднородные, коричневые, с гравием изверженных пород до 5-10%, с единичными валунами. Вскрыты в одной скважине № 16-42 на глубине 27,00 м (абс. отм. кровли минус 10,15 м), мощность составляет 2,80 м.

Результаты полевых испытаний свойств грунтов статическим зондированием, проводившегося для уточнения границ ИГЭ, определения плотности сложения песков, оценки возможности забивки свай, глубины их погружения и приблизительной несущей способности грунтов основания приведены в приложении

2.4 Гидрогеологические условия участка строительства

Гидрогеологические условия участка работ на глубину бурения до 43,0 м характеризуются наличием безнапорных и напорных подземных вод приуроченных к комплексу четвертичных отложений.

В верхней части разреза развиты *безнапорные подземные воды*, приуроченные к современным (*t IV*) насыпным грунтам (*ИГЭ 1*), озерно-ледниковым (*lg III*) пескам пылеватым (*ИГЭ 2, 2a*), а также к прослоям песков в глинистых грунтах озерно-ледникового (*lg III*) генезиса.

В период проведения буровых работ (октябрь 2017 г.) безнапорные подземные воды вскрыты на глубинах 0,30 - 1,20 м (абс. отм. 15,60 - 17,4 м). Данные уровни можно отнести к максимальным.

При вскрытии прослоев песков пылеватых (*ИГЭ 2, 2a*) вскрытых на глубинах 1,00-2,70 м (абс. отм. 13,90 - 15,86 м) в верхней части озерно-ледниковых отложений отмечался местный напор в 0,50-2,30 м.

Питание подземных вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков. Разгрузка осуществляется в р. Охта, протекающей в ~ 1,50 км от участка изысканий.

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

В неблагоприятные периоды года (в периоды дождей и снеготаяния) возможно появление грунтовых вод типа "верховодка" в техногенных насыпных грунтах вблизи отметок дневной поверхности (абс.отм. 16,20 - 18,10 м).

Напорные подземные воды приурочены к верхнечетвертичным озерно-ледниковым (*lg III*) пескам пылеватым (*ИГЭ 8, 8а*), пескам средней крупности (*ИГЭ 8б*), ледниковым (*g III*) пескам мелким (*ИГЭ 12*), пескам средней крупности (*ИГЭ 12а*), пескам гравелистым (*ИГЭ 12в*), морским (*m III*) пескам пылеватым, плотным (*ИГЭ 13*), среднечетвертичным ледниковым (*g II*) пескам крупным (*ИГЭ 19*).

Напорные подземные воды, приуроченные к верхнечетвертичным озерно-ледниковым (*lg III*) пескам пылеватым (*ИГЭ 8, 8а*) и пескам средней крупности, плотным (*ИГЭ 8б*) вскрыты на глубинах 3,10 - 10,60 м (абс.отм. от 7,50 до 13,46 м). Пьезометрический уровень установился на глубинах 0,30 - 1,20 м (абс. отм. 15,60 - 17,40 м). Величина напора составила 2,40 - 9,80 м. Верхним относительным водоупором являются верхнечетвертичные озерно-ледниковые (*lg III*) суглинки текучепластичные (*ИГЭ 6*), супеси пластичные (*ИГЭ 7*), нижним относительным водоупором - ледниковые(*g III*) супеси твердые (*ИГЭ 10, 11*).

Напорные подземные воды, приуроченные к линзам верхнечетвертичных ледниковых (*g III*) песков мелких (*ИГЭ 12*), мощностью 0,90-3,00 м, песков средней крупности (*ИГЭ 12а*) мощностью 1,20 - 8,00 м и песков гравелистых (*ИГЭ 12в*) мощностью 3,20-4,20 м, залегающих в толще верхнечетвертичных ледниковых (*g III*) супесей твердых (*ИГЭ 10, 11*) и пластичных (*ИГЭ 11а*), вскрыты на глубинах 7,00 - 20,00 м (абс. отм. от минус 3,65 до 10,70 м). Пьезометрический уровень установился на глубинах 0,50 - 2,40 м (абс. отм. 14,00 - 17,20 м). Величина напора составила 6,50 - 18,40 м. Верхним относительным водоупором являются верхнечетвертичные ледниковые (*g III*) супеси твердые (*ИГЭ 11*) и супеси пластичные (*ИГЭ 11а*), нижним относительным водоупором - верхнечетвертичные ледниковые (*g III*) супеси твердые (*ИГЭ 11*), супеси пластичные (*ИГЭ 11а*), морские (*m III*) суглинки твердые (*ИГЭ 14*) и среднечетвертичные ледниковые (*g II*) супеси твердые (*ИГЭ 18*).

Напорные подземные воды, приуроченные к среднечетвертичным ледниковым (*g II*) пескам крупным, плотным (*ИГЭ 19*), вскрыты в скв. № 16-42 на глубине 27,00 м (абс. отм. минус 10,15 м). Пьезометрический уровень установился на глубине 3,70 м (абс. отм. 13,15 м). Величина напора составила 23,30 м. Верхним и нижним относительными водоупорами являются среднечетвертичные ледниковые (*g II*) супеси твердые (*ИГЭ 18*).

Безнапорные и напорные воды имеют общую пьезометрическую поверхность.

2.5 Специфические грунты и инженерно-геологические процессы на участке строительства

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

Насыпные грунты

ИГЭ 1 - Насыпные грунты, слежавшиеся: супеси пластичные, серовато-коричневые, перемешанные с песками разной крупности, с дрсвой, щебнем, гравием и строительным мусором (куски кирпичей, бетона) до 15-20%, с растительными остатками, местами с гнездами торфов. Срок отсыпки > 5 лет. Вскрыты в скв. № 16-1, 16-2, 16-4, 16-5, 16-10, 16-11, 16-32, 16-33, 16-37 - 16-43. Залегают с поверхности (абс. отм. кровли 16,60 - 18,10 м), мощность составляет 0,70 - 1,80 м.

Насыпные грунты ИГЭ 1 имеют неоднородный состав, обладают неоднородными свойствами по глубине и простираию.

Геологические и инженерно-геологические процессы

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 небольшой амплитудой колебания уровня грунтовых вод (максимальная амплитуда составляет 2,2 м).

Территория участка работ также подвержена процессам сезонного морозного пучения грунтов. Сезонному морозному пучению наиболее подвержены насыщенные влагой глинистые грунты, а также пылеватые пески. В связи с этим, глубину заложения фундаментов необходимо назначать, исходя из п. 5.5.5 СП 22.13330.2016.

Глава 3. Расчет свайного фундамента

3.1 Общие сведения о застраиваемой территории

На территории бывшего аэродрома "Ржевка" планируется реализация нового проекта капитальной застройки. В его рамках на территории площадью 175 га возводятся несколько кварталов из домов высотой 9 -16 этажей.

Из объектов инфраструктуры в состав жилого комплекса, расположенного на территории аэропорта "Ржевка", должны войти:

- 9 детских садов;
- 4 школы;
- поликлиники, станции скорой помощи;
- 2 физкультурно-оздоровительных объекта крытого типа;
- торговые центры;
- подземные и наземные паркинги, в общей сумме рассчитанные на 14 тысяч машиномест;
- церковь;
- пожарное депо на 6 постов.

Первые этажи будут отданы под коммерческие помещения. Во дворах планируется устроить детские игровые, спортивные площадки и зоны для отдыха, а взлетную полосу застройщик предлагает превратить в главный проспект жилого массива.



Рисунок 6 Эскизные изображения ЖК "Ржевка" (<https://www.novostroy.su>)

3.2 Проектируемый дом

На территории рассматриваемого участка 16 планируется строительство многоэтажного многоквартирного жилого дома со встроенными помещениями коммерческого и социального назначения на первом этаже. Всего планируется возвести 16 надземных этажей, а также подвал, - 1 уровень. Дом будет состоять из 10 корпусов прямоугольной и Г-образной форм высотой до 50 м, которые в свою очередь состоят из секций.



Рисунок 7 Схема расположения корпусов и горных выработок

Всего на территории планируемого дома было пробурено 43 скважины, из которых 22 глубиной до 43,0 м и 21 скважина глубиной 35,0 м. Общий объем бурения составил 1681,0 п.м.

При опробовании были отобраны монолиты и образцы нарушенного строения из каждой литологической разности с шагом 1,0-2,0 м, а также по 3 образца грунтовых вод из каждого водоносного горизонта. Все образцы были доставлены в лабораторию для определения полного комплекса физико-механических свойств песчаных и глинистых грунтов, химического анализа воды и водных вытяжек из грунтов, а также для определения коррозионной агрессивности грунтов и грунтовых вод к строительным материалам. Также были проведены работы по статическому зондированию грунтов в 22-х точках глубиной до 43,0 м и 21-й точке глубиной до 35,0 м.

Под каждым из корпусов многоэтажного многоквартирного жилого дома по техническому заданию запланировано возвести свайный фундамент.

Для расчета несущей способности свай мной был выбран корпус 16.5, разрез между скважинами 16-18 и 16-19, которые располагаются в угловых точках проектируемого здания.

Корпус состоит из 16 надземных этажей и подвала – 1 уровень. Форма объекта прямоугольная с размерами в плане 21,52x32,83 м, высота составляет 50 м.

Абсолютная отметка подошвы фундамента на данном участке +14,58 м, абсолютная отметка подошвы свай до -9,67 м, длина свай составляет 25 м. Проектируемая нагрузка на основание от стены: 210 т/м. Расчетная нагрузка на сваю: до 150 т.

Разрез между скважинами 16-18 и 16-19 состоит из: почвенно-растительный слой, супеси пылеватые (ИГЭ-3), пески пылеватые (ИГЭ-2), суглинки тяжелые пылеватые (ИГЭ-5), суглинки легкие пылеватые (ИГЭ-6), супеси пылеватые пластичные (ИГЭ-7), пески пылеватые (ИГЭ-8), супеси пылеватые твердые (ИГЭ-10), супеси песчанистые (ИГЭ-11), пески мелкие (ИГЭ-12), супеси песчанистые твердые (ИГЭ-11), пески пылеватые (ИГЭ-13), суглинки тяжелые пылеватые (ИГЭ-14), глины легкие пылеватые (ИГЭ-16), супеси песчанистые пылеватые (ИГЭ-18). Уровень грунтовых вод находится на глубине 0,5 м.

Почти все песчаные разности насыщены водой, ледниковые отложения содержат прослой влажных песков.

3.3 Выбор типа свай

Согласно СП 11 105 97, часть 1, приложение Б [39], площадка строительства относится к II категории сложности по инженерно – геологическим условиям, а по ТСН 50-302-04, объект изучения относится ко II уровню ответственности. Согласно техническому заданию, высота 16-ти этажного дома до 50 м, его размеры 32,83м x 21,52м, вертикальная нагрузка на сваю – 150 тс, нагрузка на основание от стены – 210 т/м. При таких условиях преимущество отдано свайному типу фундаментов.

В новом строительстве большое внимание уделяется вопросам прочности, качества и экономической целесообразности использования тех или иных материалов при разработке фундаментов.

Железобетонные сваи особенно применяются при возведении фундамента высотных и тяжелых зданий, значительно повышая их качество и долговечность. Сваи позволяют добиться устойчивости даже на слабом грунте.

По способу заглубления сваи в грунт различают следующие виды:

1) забивные железобетонные, деревянные и стальные, погружаемые в грунт без его выемки с помощью молотов, вибропогружателей, вибродавляющих и вдавливающих устройств, а также железобетонные сваи-оболочки, заглубляемые вибропогружателями без выемки или с частичной выемкой грунта и не заполняемые бетонной смесью;

2) сваи-оболочки железобетонные, заглубляемые вибропогружателями с выемкой грунта и заполняемые частично или полностью бетонной смесью;

3) набивные бетонные и железобетонные, устраиваемые в грунте путем укладки бетонной смеси в скважины, образованные в результате принудительного отжатия (вытеснения) грунта;

4) буровые железобетонные, устраиваемые в грунте путем заполнения пробуренных скважин бетонной смесью или установки в них железобетонных элементов;

5) винтовые.

Согласно техническому заданию рекомендовано использование забивных свай. Для того, чтобы сваи выдерживали большие нагрузки, их изготавливают из тяжелого бетона.



Рисунок 8 Забивная свая

Монтируются забивные сваи с использованием профессионального оборудования – это дизель-молот, копровая установка и иные варианты.

Забивные сваи незаменимы в случае ведения застройки на слабых грунтах или при большом уровне грунтовых вод на участке. Кроме того, они имеют низкую себестоимость (дешевле буронабивных приблизительно в 2 раза) и высокое качество. Работы по забивке свай увеличивают скорость проведения работ.

3.4 Определение несущей способности свай

Как упоминалось ранее, для расчета несущей способности свайного фундамента был выбран корпус №16.5 со следующими параметрами: длина 32,83 м, ширина 21,52 м, расчетная нагрузка на сваю - 150 тс, нагрузка на основание от стены – 210 т/м. Мощность ростверка — 1 м, заделка свай в ростверк 0,1 м, заглубление фундамента – до абс. отметки 14,58 (~ 2 м).

По характеру передачи нагрузки на грунт сваи относятся к висячим (отсутствие грунтов с модулем общей деформации $E > 50$ МПа), т.к. они опираются на сжимаемый грунт, а также передают нагрузку на грунты основания боковой поверхностью.

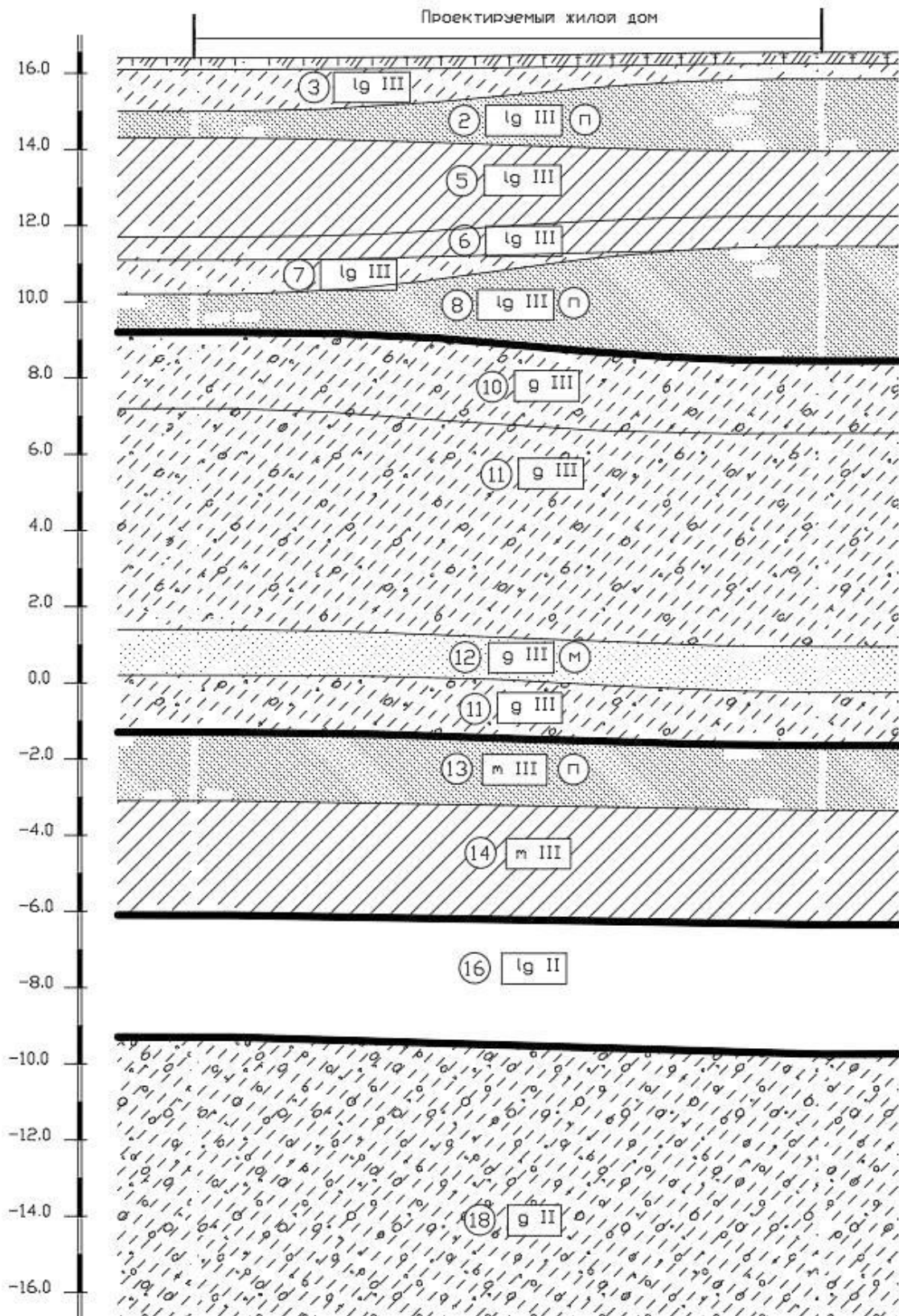


Рисунок 9 Инженерно-геологический разрез между скважинами 16-18 и 16-19

В пределах разреза между скважинами 16-18 и 16-19 выделяются следующие ИГЭ:

Генетический тип пород	Номер ИГЭ	Описание породы	Плотность, т/м ³	Природная влажн. (доли ед.)	Коэффициент пористости, б.р.	Показатель консистенции, б.р.	Сцепление тс/м ²	Угол внутреннего трения, град.	Модуль деформации, МПа
lgIII	3	Супеси пылеватые пластичные, ожелезненные	2,09	0,195	0,531	<u>0,38</u>	1,6	23	<u>11</u>
lgIII	2	Пески пылеватые, плотные	2,06	насыщ. водой	0,55	-	0,3	28	<u>12</u>
lgIII	5	Суглинки тяжелые пылеватые, текучие, ленточные, тиксотропные	1,84	0,385	1,06	<u>1,12</u>	0,8	7	<u>4</u>
lgIII	6	Суглинки тяжелые пылеватые, текучепластичные, слоистые, тиксотропные	1,92	0,317	0,863	<u>0,82</u>	1,2	10	<u>6</u>
lgIII	7	Супеси пылеватые, пластичные, тиксотропные	2,07	0,206	0,558	<u>0,68</u>	1,8	22	<u>9</u>
lgIII	8	Пески пылеватые, плотные	2,06	насыщ. водой	0,55	-	0,6	34	<u>28</u>
gIII	10	Супеси пылеватые твердые	2,22	0,131	0,372	<u>-0,13</u>	4,2	26	<u>16</u>
gIII	11	Супеси песчанистые твердые	2,34	0,088	0,247	<u>-0,23</u>	9,7	29	<u>18</u>
gIII	12	Пески мелкие, плотные	2,06	насыщ. водой	0,55	-	0,4	36	<u>38</u>
mIII	13	Пески пылеватые, плотные	2,06	насыщ. водой	0,55	-	0,6	34	<u>28</u>
mIII	14	Суглинки тяжелые пылеватые, твердые, с примесью органических веществ	2,07	0,199	0,555	<u>-0,11</u>	5,1	14	<u>14</u>
lgII	16	Глины легкие пылеватые, твердые	1,99	0,261	0,753	<u>-0,04</u>	4,1	11	<u>13</u>
gII	18	Супеси песчанистые твердые	2,34	0,088	0,247	<u>-0,3</u>	12,1	30	<u>21</u>

Таблица 4 Физико-механические свойства ИГЭ в пределах участка

3.4.1 Определение несущей способности сваи по данным статического зондирования.

Результаты статического зондирования в точках 16-18 и 16-19:

Точка статического зондирования 16-18
 Абсолютная отметка устья, м: 16,40
 Расчёт для глубины котлована, м 1,82

Сторона, диаметр, м	Глубина, м	Абс. отм., м	квадрат			круг		
			СНК	СВП	ОС	СНК	СВП	ОС
0,35	1,82	14,58	18,46	0,00	18,46	14,50	0,00	14,50
	2,82	13,58	8,64	4,63	13,27	6,79	3,64	10,43
	3,82	12,58	7,85	7,86	15,71	6,17	6,17	12,34
	4,82	11,58	12,51	10,97	23,48	9,83	8,62	18,45
	5,82	10,58	42,48	14,55	57,03	33,37	11,43	44,80
0,40	1,82	14,58	22,48	0,00	22,48	17,66	0,00	17,66
	2,82	13,58	10,94	5,29	16,23	8,60	4,16	12,76
	3,82	12,58	12,16	8,98	21,14	9,55	7,06	16,61
	4,82	11,58	21,06	12,54	33,60	16,54	9,85	26,39
	5,82	10,58	55,10	16,63	71,73	43,28	13,06	56,34
0,45	1,82	14,58	26,89	0,00	26,89	21,12	0,00	21,12
	2,82	13,58	14,00	5,95	19,95	10,99	4,67	15,66
	3,82	12,58	16,18	10,11	26,29	12,71	7,94	20,65
	4,82	11,58	48,06	14,10	62,16	37,75	11,08	48,83
	5,82	10,58	69,02	18,71	87,73	54,21	14,70	68,91

Точка статического зондирования 16-19
 Абсолютная отметка устья, м: 16,50
 Расчёт для глубины котлована, м 1,92

Сторона, диаметр, м	Глубина, м	Абс. отм., м	квадрат			круг		
			СНК	СВП	ОС	СНК	СВП	ОС
0,35	1,92	14,58	42,92	0,00	42,92	33,71	0,00	33,71
	2,92	13,58	7,06	14,74	21,80	5,54	11,57	17,11
	3,92	12,58	16,95	18,72	35,67	13,31	14,70	28,01
	4,92	11,58	44,37	22,78	67,15	34,84	17,89	52,73
0,40	1,92	14,58	53,60	0,00	53,60	42,09	0,00	42,09
	2,92	13,58	11,63	16,84	28,47	9,13	13,23	22,36
	3,92	12,58	37,64	21,39	59,03	29,56	16,80	46,36
	4,92	11,58	57,55	26,03	83,58	45,19	20,44	65,63
0,45	1,92	14,58	64,54	0,00	64,54	50,69	0,00	50,69
	2,92	13,58	21,06	18,95	40,01	16,54	14,88	31,42
	3,92	12,58	55,53	24,07	79,60	43,61	18,90	62,51
	4,92	11,58	72,46	29,29	101,75	56,91	23,00	79,91

Статическое зондирование в точках 16-18 и 16-19 выполнено до глубин 5,82 и 4,92 соответственно. Далее оборудование пройти не смогло в следствие того, что ниже находились плотные пылеватые пески. Следовательно, несущую способность по результатам статического зондирования можно посчитать только до этих отметок.

Определение несущей способности сваи по данным статического зондирования в соответствии с СП 24.13330.2011 осуществляется по формуле:

$$F_u = R_s * A + f * h * u$$

где R_s — предельное сопротивление грунта под нижним концом сваи по данным статического зондирования в рассматриваемой точке, тс/м²;

A - площадь опирания на грунт сваи, м², принимаемая по площади поперечного сечения сваи;

f — среднее значение предельного сопротивления грунта на боковой поверхности сваи по данным статического зондирования в рассматриваемой точке, тс/м²;

h — глубина погружения сваи от поверхности грунта около сваи, м;

u - периметр поперечного сечения ствола сваи, м.

Сваи выбраны с квадратным основанием 0,35х0,35 м.

Для точки с.з. 16-18:

$$R = 42,48 \text{ тс/м}^2$$

$$A = 0,1225 \text{ м}^2$$

$$u = 1,4 \text{ м}$$

$$f = 14,55 \text{ тс/м}^2$$

$$h = 5,82 \text{ м}$$

$$F_u = 42,48 * 0,1225 + 14,55 * 5,82 * 1,4 = 123,76 \text{ тс}$$

Для точки с.з. 16-19:

$$R = 44,37 \text{ тс/м}^2$$

$$A = 0,1225 \text{ м}^2$$

$$u = 1,4 \text{ м}$$

$$f = 22,78 \text{ тс/м}^2$$

$$h = 4,92 \text{ м}$$

$$F_u = 44,37 * 0,1225 + 22,78 * 4,92 * 1,4 = 162,34 \text{ тс}$$

Несущая способность свай уже набирает нужное значение (150 тс) или близка к нему на данных отметках. Следовательно, супеси пылеватые твердые (ИГЭ-10) можно выбрать в качестве основания. Залегающие выше пески пылеватые нельзя выбрать в качестве хорошего основания в связи с их гранулометрическим составом и невыдержанностью по мощности в пределах проектируемого дома.

Конструкция фундамента под скважиной 16-18:

ИГЭ	Мощность слоя, м	Глубина слоя, м	Наименование пород	Конструкция фундамента
	0,3	0,3	Почвенно-растительный слой.	
(3) lgIII	1,1	1,4	Супеси пылеватые пластичные, ожелезненные, местами выветрелые, коричневые и серовато-коричневые, с прослоями песков пылеватых, насыщенных водой.	
(2) lgIII	0,7	2,1	Пески пылеватые, плотные, неоднородные, коричневые и серовато-коричневые, влажные и насыщенные водой, с прослойками супесей пластичных, местами с гнездами ожелезнения.	
(5) lgIII	2,6	4,7	Суглинки тяжелые пылеватые, текучие, с прослоями текучепластичных, ленточные, тиксотропные, серовато-коричневые, с прослойками песков пылеватых, насыщенных водой.	
(6) lgIII	0,6	5,3	Суглинки легкие пылеватые, текучепластичные, с прослоями текучих, слоистые, тиксотропные, серые, с прослойками песков пылеватых, насыщенных водой.	
(7) lgIII	0,9	6,2	Супеси пылеватые пластичные, неяснослоистые, тиксотропные, серые, с частыми прослоями песков пылеватых и мелких, насыщенных водой.	
(8) gIII	1,0	7,2	Пески пылеватые, плотные, неоднородные, серые и коричневатосерые, насыщенные водой, с гравием и галькой изверженных пород до 5%.	
(10) gIII	2,0	9,2	Супеси пылеватые твердые, серые, с линзами и гнездами песков разной крупности, влажных, с гравием и галькой изверженных пород до 10-15%, с отдельными валунами.	

Конструкция фундамента под скважиной 16-19:

ИГЭ	Мощность слоя, м	Глубина слоя, м	Наименование пород	Конструкция фундамента
	0,3	0,3	Почвенно-растительный слой.	
(3) lgIII	0,4	0,7	Супеси пылеватые пластичные, ожелезненные, местами выветрелые, коричневые и серовато-коричневые, с прослоями песков пылеватых, насыщенных водой.	
(2) lgIII	1,9	2,6	Пески пылеватые, плотные, неоднородные, коричневые и серовато-коричневые, влажные и насыщенные водой, с прослойками супесей пластичных, местами с гнездами ожелезнения.	
(5) lgIII	1,7	4,3	Суглинки тяжелые пылеватые, текучие, с прослоями текучепластичных, ленточные, тиксотропные, серовато-коричневые, с прослойками песков пылеватых, насыщенных водой.	
(6) lgIII	0,8	5,1	Суглинки легкие пылеватые, текучепластичные, с прослоями текучих, слоистые, тиксотропные, серые, с прослойками песков пылеватых, насыщенных водой.	
(8) gIII	3,0	8,1	Пески пылеватые, плотные, неоднородные, серые и коричневатосерые, насыщенные водой, с гравием и галькой изверженных пород до 5%.	
(10) gIII	1,9	10,0	Супеси пылеватые твердые, серые, с линзами и гнездами песков разной крупности, влажных, с гравием и галькой изверженных пород до 10-15%, с отдельными валунами.	

3.4.2 Определение несущей способности висячей сваи.

Несущая способность F_d , тс, висячей забивной и вдавливаемой сваи определяется в соответствии с СП 24.13330.2011, СП 50-102-2003 как сумма расчетных сопротивлений грунтов основания под нижним концом сваи и на ее боковой поверхности.

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

где γ_c - коэффициент условий работы сваи в грунте, принимаемый равным 1;

R - расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, тс/м²;

A - площадь опирания на грунт сваи, м²;

u - наружный периметр поперечного сечения ствола сваи, м;

f_i - расчетное сопротивление i -го слоя грунта основания на боковой поверхности сваи, тс/м²;

h_i - толщина i -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м;

γ_{cR}, γ_{cf} - коэффициенты условий работы грунта соответственно под нижним концом и на боковой поверхности сваи, учитывающие влияние способа погружения сваи на расчетные сопротивления.

Таким образом, для скважины 16-18:

Заглубление фундамента = 1,82 м

Заделка в ростверк = 0,1 м

Длина сваи 7,38 м

Номер ИГЭ	f_i , тс/м ²	h_i , м	γ_{cf}	$f_i \cdot h_i \cdot \gamma_{cf}$
2	2,3	0,28	0,8	0,5152
5	0,5	2	1	1
5	0,5	0,6	1	0,3
6	0,8	0,6	1	0,48
7	1,2	0,9	1	1,08
8	3,3	1	0,8	2,64
10	6,2	1,9	1	11,78

$$\Sigma \gamma_{cf} \cdot f_i \cdot h_i = 17,8 \text{ тс}$$

$$\gamma_c = 1$$

$$\gamma_{cR} = 1,1$$

$$R = 1023,33 \text{ тс/м}^2$$

$$A = 0,1225 \text{ м}^2$$

$$U = 1,4 \text{ м}$$

$$F_d = 1 \cdot (1,1 \cdot 1023,33 \cdot 0,1225 + 1,4 \cdot 17,8) = 162,81 \text{ тс}$$

Расчетная нагрузка на сваю 150 тс < 162,81 тс

Для скважины 16-19:

Заглубление фундамента = 1,97 м

Заделка в ростверк = 0,1 м

Длина сваи 7,73 м

Номер ИГЭ	f_i , тс/м ²	h_i , м	γ_{cf}	$f_i \cdot h_i \cdot \gamma_{cf}$
2	2,3	0,63	0,8	1,1592
5	0,5	1,7	1	0,85
6	0,8	0,8	1	0,64
8	3,1	2	0,8	4,96
8	3,3	1	0,8	2,64
10	6,4	1,5	1	9,6

$$\Sigma \gamma_{cf} \cdot f_i \cdot h_i = 19,85 \text{ тс}$$

$$\gamma_c = 1$$

$$\gamma_{cR} = 1,1$$

$$R = 1036,67 \text{ тс/м}^2$$

$$A = 0,1225 \text{ м}^2$$

$$U = 1,4 \text{ м}$$

$$F_d = 1 \cdot (1,1 \cdot 1036,67 \cdot 0,1225 + 1,4 \cdot 19,85) = 167,48 \text{ тс}$$

Расчетная нагрузка на сваю 150 тс < 167,48 тс

Нужное количество свай рассчитывается по формуле: $n = \frac{N}{F_u} + 2$,

где N - нагрузка на стену, которая в рассматриваемых условиях составляет:

$$210 \text{ т/м} \cdot 21,52 \text{ м} = 4519,2 \text{ тс.}$$

Для скважины 16-18:

$$n = 4519,2 / 162,81 + 2 = 29$$

Для скважины 16-19:

$$n = 4519,2 / 167,48 + 2 = 29$$

Расстояние от края ростверка до сваи $s_0 = 0,5d = 0,5 \cdot 0,35 = 0,175$ м, расстояние между сваями от $3d$ до $8d$ т.е. от $3 \cdot 0,35 = 1,05$ м до $8 \cdot 0,35 = 2,8$ м, ширина ростверка $b = 2$ м, длина $l = 21,53$ м. Вариант размещения свай представлен на рисунке 1.

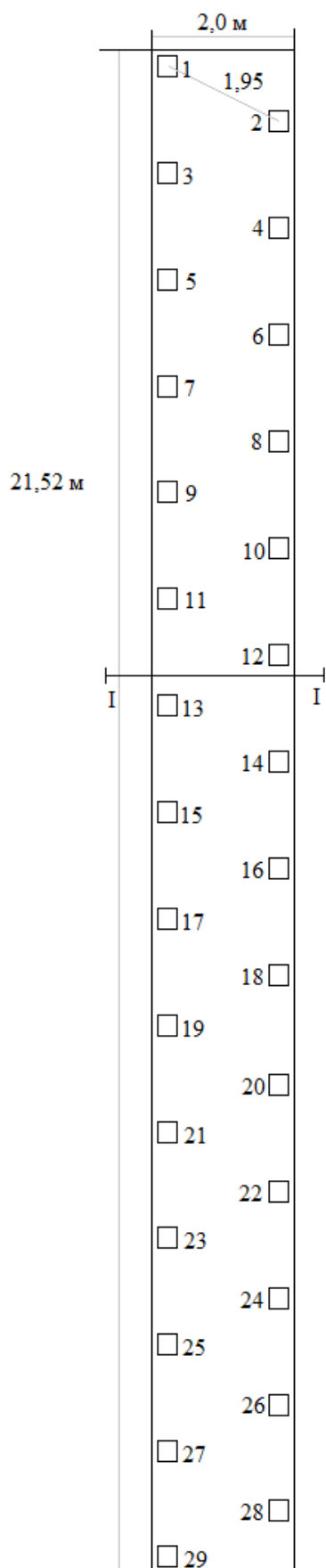


Рисунок 10 План размещения свай

Площадь условного фундамента.

Свайный фундамент оказывает влияние на большую площадь, чем площадь по ширине b , в связи с этим нужно рассчитать площадь условного фундамента.

Площадь условного фундамента рассчитывается по формуле:

$$F_y = (b + 2a)(1 + 2a), \text{ где } a = (\sum h_{gi} + h_z) \cdot \operatorname{tg} \varphi / 4;$$

h_{gi} - мощность прорезаемых грунтов;

h_z - мощность слоя грунта, на который опирается свая;

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

Для скважины 16-18:

$$\sum h_{gi} + h_z = 7,18 \text{ м}$$

$$\varphi = 18,58$$

$$a = 0,58 \text{ м}$$

$$b = 2 \text{ м}$$

$$F_y = (2 + 2,71 \cdot 2) \cdot (21,53 + 2,71 \cdot 2) = 71,67 \text{ м}^2$$

Для скважины 16-19:

$$\sum h_{gi} + h_z = 7,63 \text{ м}$$

$$\varphi = 23,4$$

$$a = 0,78 \text{ м}$$

$$b = 2 \text{ м}$$

$$F_y = (2 + 2,73 \cdot 2) \cdot (21,53 + 2,73 \cdot 2) = 82,2 \text{ м}^2$$

Расчет давления под сконструированным фундаментом.

Для расчета давление по подошве условного фундамента необходимо найти:

$N_{ОП}$ - нагрузка по обрезу фундамента, [тс];

$N_{ГИ}$ - нагрузка, создаваемая ростверком, [тс];

$N_{ПИ}$ - нагрузка, создаваемая сваями, [тс];

$N_{СИ}$ - нагрузка, создаваемая грунтом между сваями, [тс].

Давление определяется по формуле $P_{II}=(N_{ОП}+N_{ГИ}+N_{ПИ}+N_{СИ})/F_y$

Для скважины 16-18:

$$N_{ОП} = 4519,2 \text{ тс}$$

$$N_{ГИ} = b \cdot l \cdot h \cdot \rho_{рост} = 2 \cdot 21,52 \cdot 1 \cdot 2,4 = 103,3 \text{ тс}$$

$$N_{ПИ} = V_{св} \cdot \rho_{св} = 0,35 \cdot 0,35 \cdot 7,28 \cdot 2,3 = 4,1 \text{ тс}$$

$$N_{СИ} = (h \cdot (S_{рост} + F_y + \sqrt{(S_{рост} + F_y)})) / (3 - h \cdot 0,35 \cdot 0,35 \cdot 2) \cdot \rho_{гр.срвз} =$$
$$(7,18 \cdot (21,53 + 71,67 + \sqrt{(21,52 + 71,67)})) / (3 - 7,18 \cdot 0,35 \cdot 0,35 \cdot 29) \cdot 2,01 = 443,47 \text{ тс}$$

$$P_{II} = (4519,2 + 103,3 + 4,1 + 443,47) / 71,67 = 70,74 \text{ тс/м}^2.$$

Для скважины 16-19:

$$N_{ОП} = 4519,2 \text{ тс}$$

$$N_{ГИ} = b \cdot l \cdot h \cdot \rho_{рост} = 2 \cdot 21,53 \cdot 1 \cdot 2,4 = 103,3 \text{ тс}$$

$$N_{ПИ} = V_{св} \cdot \rho_{св} = 0,35 \cdot 0,35 \cdot 7,73 \cdot 2,3 = 4,36 \text{ тс}$$

$$N_{СИ} = (h \cdot (S_{рост} + F_y + \sqrt{(S_{рост} + F_y)})) / (3 - h \cdot 0,35 \cdot 0,35 \cdot 2) \cdot \rho_{гр.срвз} =$$

$$(7,63 \cdot (21,52 + 82,2 + \sqrt{(21,52 + 82,2)})) / (3 - 7,63 \cdot 0,35 \cdot 0,35 \cdot 29) \cdot 2,03 = 533,114 \text{ тс}$$

$$P_{II} = (4519,2 + 103,3 + 4,36 + 533,114) / 82,2 = 62,77 \text{ тс/м}^2.$$

Полученные давления по подошве фундамента необходимо сравнить с расчетным сопротивлением.

Оценка расчетного сопротивления

Расчетное сопротивление определяется по формуле (СП22.13330.2011)

$$R = \gamma_{c1} \gamma_{c2} / K (M_{\gamma} K_z b \gamma + M_q h_{\phi} \gamma' + M_c C), \text{ где } \gamma_{c1}, \gamma_{c2} - \text{коэффициенты условий работы,}$$

K - коэффициент, зависящий от способа определения характеристик прочности грунта (при непосредственном определении равен 1),

M_{γ} , M_q , M_c - безразмерные коэффициенты, зависящие от угла внутреннего трения пород несущего слоя,

K_z - безразмерный коэффициент, зависящий от ширины фундамента,

b - ширина фундамента,

γ , γ' - плотность грунта ниже и выше подошвы фундамента,

h_{ϕ} - глубина заложения фундамента,

C - расчетное значение удельного сцепления грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента.

скважина 16-18					
γ_{c1}	γ_{c2}	K	M_{γ}	M_q	M_c
1,25	1,1	1	0,84	4,37	6,9
K_z	b	γ , т/м ³	γ' , т/м ³	h_{ϕ} , м	C , тс
1	2	2,34	2,06	9,1	4,2

$$R = 1,25 * 1,1 / 1 * (0,84 * 1 * 2 * 2,34 + 4,37 * 9,1 * 2,06 + 6,9 * 4,2) = 157,89 \text{ тс/м}^2$$

$$P_{II} (70,74 \text{ тс/м}^2) < R (157,89 \text{ тс/м}^2)$$

скважина 16-19					
γ_{c1}	γ_{c2}	K	M_{γ}	M_q	M_c
1,25	1,1	1	0,84	4,37	6,9
K_z	b	γ , т/м ³	γ' , т/м ³	h_{ϕ} , м	C , тс
1	2	2,34	2,06	9,6	4,2

$$R = 1,25 * 1,1 / 1 * (0,84 * 1 * 2 * 2,34 + 4,37 * 9,6 * 2,06 + 6,9 * 4,2) = 164,08 \text{ тс/м}^2$$

$$P_{II} (62,77 \text{ тс/м}^2) < R (164,08 \text{ тс/м}^2)$$

3.4.3 Расчет осадки свайного фундамента

Расчет осадки одиночной сваи производится по СП 24.13330.2011, по формуле

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

где N — вертикальная нагрузка, передаваемая на сваю, тс;

β — коэффициент, определяемый по формуле $\beta = \frac{\beta'}{\lambda_1} + \frac{1-\beta'/\alpha'}{\chi}$,

где $\beta' = 0,17 \ln(k_v G_1 l / G_2 d)$ — коэффициент, соответствующий абсолютно жесткой свае;

$\alpha' = 0,17 \ln(k_{v1} l / d)$ — тот же коэффициент для случая однородного основания;

$\chi = EA / G_1 l^2$ — относительная жесткость сваи;

E — модуль деформации материала сваи, тс;

A — площадь сечения сваи, м²;

G_1 — модуль сдвига грунтов, прорезаемых сваей, тс;

G_2 — модуль сдвига грунтов, на которые опирается свая, тс;

k_v, k_{v1} — коэффициенты, определяемые по формуле $k_v = 2,82 - 3,78\nu + 2,18\nu^2$ при $\nu = (\nu_1 + \nu_2) / 2$ и при $\nu = \nu_1$; ν — коэффициент Пуассона;

Для скважины 16-18:

$N = 150$ тс

$E = 30000000$ тс (значение принято по СП 63.13330.2012)

$A = 0,1225$ м²

$G_1 = 440,31$ тс

$G_2 = 615,38$ тс

$\nu_1 = 0,32$

$\nu_2 = 0,3$

$\nu = 0,31$

$k_v = 1,86$

$k_{v1} = 1,83$

$\alpha' = 0,62$

$\beta' = 0,57$

$\chi_1 = 15,32$

$\lambda = 0,94$

$\beta = 1,54$

$s = 1,54 * 150 / (440,31 * 7,28) = 0,0722$ м = 7,22 см

Для скважины 16-19:

$$N=150 \text{ тс}$$

$$E=3000000 \text{ тс (значение принято по СП 63.13330.2012)}$$

$$A=0,1225 \text{ м}^2$$

$$G_1=638,83 \text{ тс}$$

$$G_2=615,38 \text{ тс}$$

$$v_1 = 0,32$$

$$v_2 = 0,3$$

$$v = 0,31$$

$$k_v=1,86$$

$$k_{v1}=1,84$$

$$\alpha'=0,63$$

$$\beta'=0,64$$

$$\chi_1 = 9,63$$

$$\lambda = 0,92$$

$$\beta=1,59$$

$$s=1,59*150/(638,83 *7,63)= 0,0482 \text{ м}= 4,83 \text{ см}$$

$$\text{Относительная разность осадок } (\Delta s / L)_u = (0,0722-0,0483)/21,18 = 0,001$$

Значение допустимой осадки составляет 10 см, значение допустимой относительной разности осадок составляет 0,002 для производственных и гражданских одноэтажных и многоэтажных зданий с полным железобетонным каркасом согласно приложению Д, таблице Д.1 СП 22.13330.2011. Рассчитанные значения не превышают этих величин. Минимальное значение осадки составляет 4,83 см, максимальное – 7,22 см. Значение относительной разности осадок составляет 0,001.

Вывод

Таким образом, в ходе выполнения выпускной квалификационной работы, был проведен анализ физико-географической и геологической характеристики как города Санкт-Петербурга и Ленинградской области в целом, так и конкретного участка работ в поселке Ковалево.

Была получена инженерно-геологическая характеристика участка бывшего аэропорта «Ржевка», на основании чего был проведен ряд расчетов для получения данных по несущей способности свай в целях строительства многоэтажного жилого дома.

В процессе написания работы также был получен ряд характеристик свай, необходимых под данное сооружение, таких как: длина, осадки и количество свай в пределах свайного поля.

Результатом проделанной работы является подтверждение того, что сваи заданных размеров при заданном инженерно-геологическом строении территории выдерживают запланированные в техническом задании нагрузки от здания и не дают осадок, превышающих нормативные из СП 22.13330.2011 для данного типа конструкций.

Список литературы

1. Геология СССР: в XLVIII т. Т. I: Ленинградская, Псковская и Новгородская области. Геологическое описание / отв. ред. И.К. Зайцев; под общ. ред. А.В. Сидоренко - М.: Недра, 1971, с.14-46
2. Яковлев С.А. Наносы и рельеф гор. Ленинграда и его окрестностей. - 2-я типография Транспечати НКПС им. тов. Лоханкова, Ленинград, 1925 г., 476 стр
3. Школьник И.М., Мелешко В.П., Кароль И.Л., Киселев А.А., Надежина Е.Д., Говоркова В.А., Павлова Т.В. Ожидаемые изменения климата на территории Российской Федерации в XXI веке. - Сборник научных трудов. Труды ГГО, 2014 г., вып. 575, с. 64- 117.
4. Александрова О.Ю., Дашко Р.Э., Котюков П.В., Шидловская А.В. Особенности инженерно-геологических условий Санкт-Петербурга // Развитие городов и геотехническое строительство. – 2011. - № 2.
5. Р. А. Нежиховский. Река Нева и Невская губа. Л., Гидрометеиздат, 1981. 112 стр.
6. Гидрогеология СССР: в XLVIII т. Т. III. Ленинградская, Псковская и Новгородская области. Геологическое описание / отв. ред. И.К. Зайцев; под общ. ред. А.В. Сидоренко – М.: Недра, 1971, - 328 с.
7. Ауслендер В.Г. Отчеты о геологическом, гидрогеологическом и инженерно-геологическом доизучении и геологическими картировании территории г. Санкт-Петербурга и его окрестностей Санкт-Петербургской комплексной геологической экспедиции, Санкт-Петербург, 2003 г.
8. Гутенева В.С. Технический отчет об инженерно-геологических изысканиях для разработки проектной документации строительства жилого комплекса «Ржевка». Земельный участок № 16. – СПб. – 2017 г.
9. ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация.
10. СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений.
11. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции.
12. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты.
13. СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства.
14. СП 11-105-97, часть 1 Инженерно-геологические изыскания для строительства.

Ресурсы сети Интернет:

15. <http://www.lenobl.ru>

16. https://sankt_peterburg.academic.ru

17. <http://nature.lenobl.ru>

18. <http://geopatologia.ru/spb.html>

19. <http://sevzapnedra.nw.ru>

20. <https://www.google.ru/maps/>

21. <https://www.novostroy.su>

22. <http://www.vsegei.ru>

Приложения

Приложение 1

Карта дочетвертичных отложений (<http://www.vsegei.ru>)

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

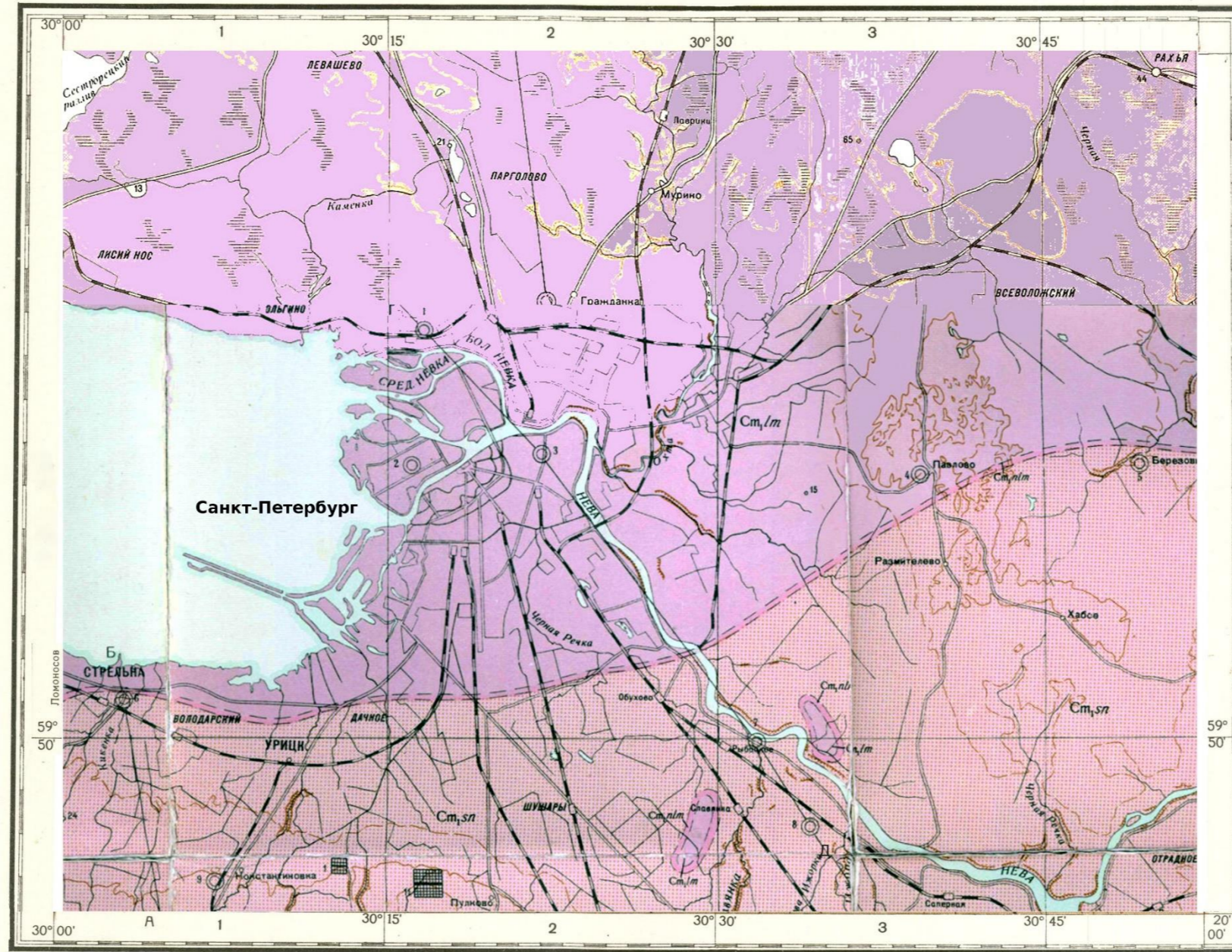
(ДОЧЕТВЕРТИЧНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ)

Масштаб 1 : 200 000

1960г.

СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ КОЛОНКА

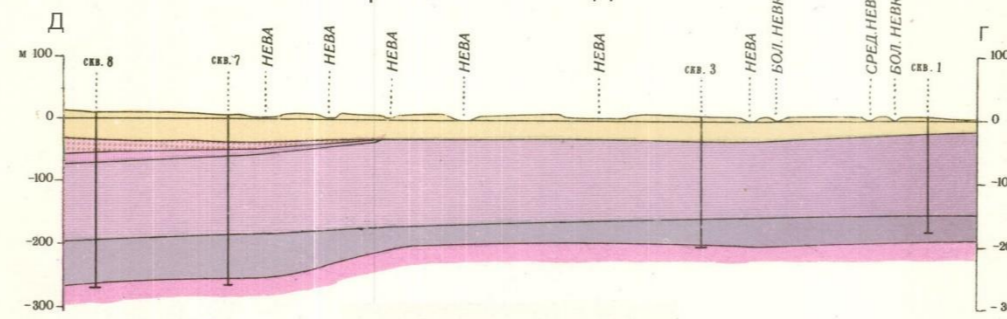
Сис-тема	Отдел	Ярус	Гори-зонт	Ин-декс	Мощ-н в м	Характеристика пород
КЕМБРИЙСКИЕ	КАМБИЙСКИЕ	СИННИХ	ГЛИН	Ст ₁ sp	100-133	Глины, голубовато-серые и, реже, красновато-фиолетовые, в нижней части аргиллитоподобные с прослоями алевролитов, алевроитов и песчаников, с конкрециями пирита и марказита. Встречаются остатки трубчатых червей
				Ст ₁ nl	1-16	Песчаники кварцевые, мелкозернистые, серые с прослоями зеленовато-серой глины
				Ст ₁ m	96-156	Глины аргиллитоподобные и аргиллиты зеленовато-серые, тонкослоистые с тонкими прослоями и „присычками“ алевроитов, с линзами и желваками сидерита, встречаются сапропелитовые пленки
КЕМБРИЙСКИЕ	КАМБИЙСКИЕ	ДЛЯМИНАРИТОВЫЕ	ГЦОВСКИЕ	Ст ₁ gd	49-97	Переслаивание кварцевых песчаников, песков и алевролитов с глинами и аргиллитами. В основании конгломераты с кварцевой галькой
				А	Вскрыто до 18 м	Граниты и биотитовые гнейсы



Условные обозначения

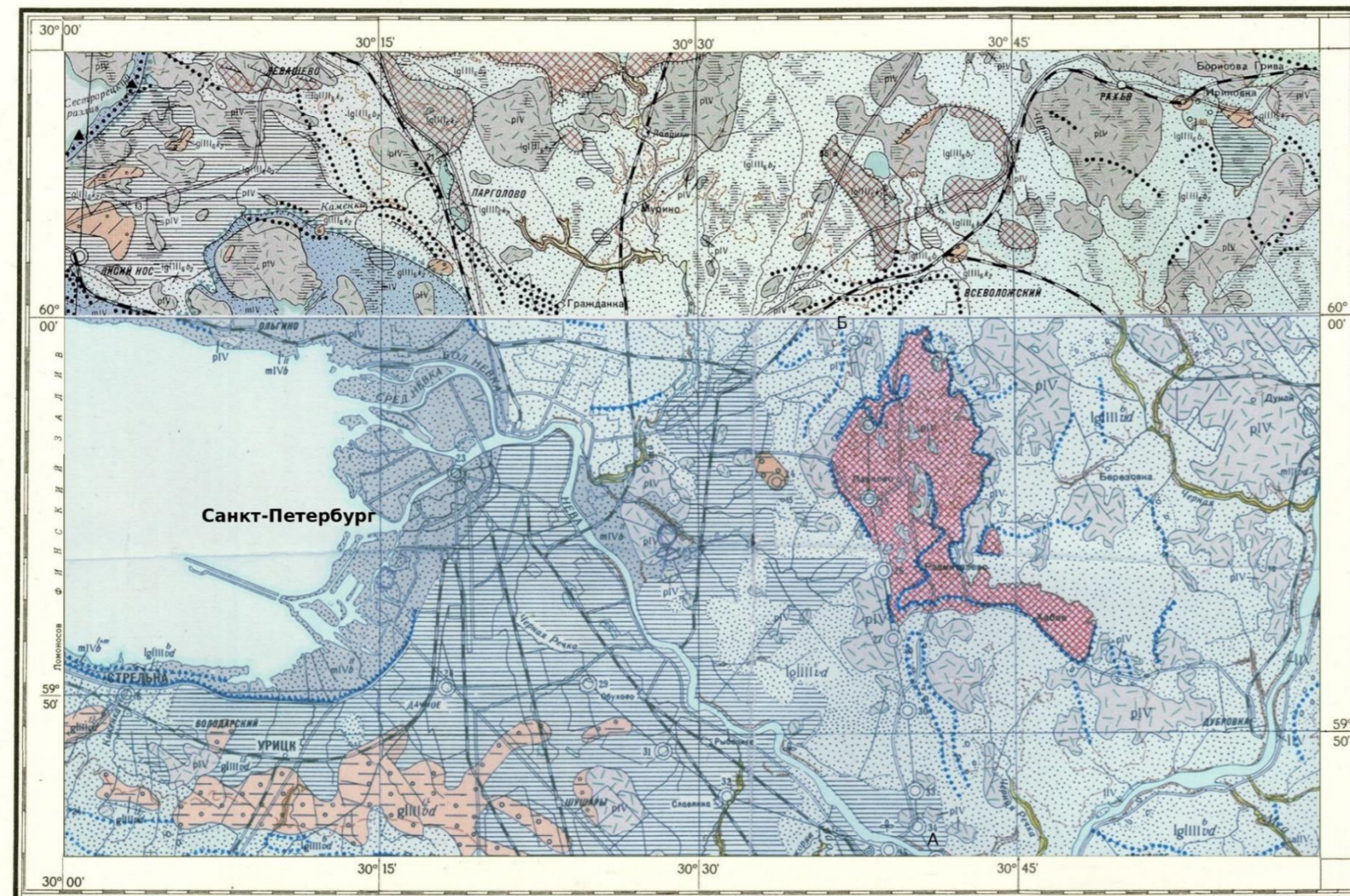
- ЧЕТВЕРТИЧНАЯ СИСТЕМА
 - Q Четвертичные отложения (только на разрезах)
- Кембрийская система
 - Ст₁sp Горизонт синих глин, Глины
 - Ст₁nl Наляминаритовый горизонт. Песчаники с прослоями глины
 - Ст₁m Лиминаритовый горизонт. Глины аргиллитоподобные и аргиллиты
 - Ст₁gd Гдовский горизонт. Песчаники и глины (только на разрезах)
- АРХЕЙСКАЯ ГРУППА
 - A Граниты и гнейсы (только на разрезах)
- Стратиграфически несогласные контакты
- Границы между стратиграфическими горизонтами: достоверные и предполагаемые
- Опорные буровые скважины

Разрез по линии Г-Д

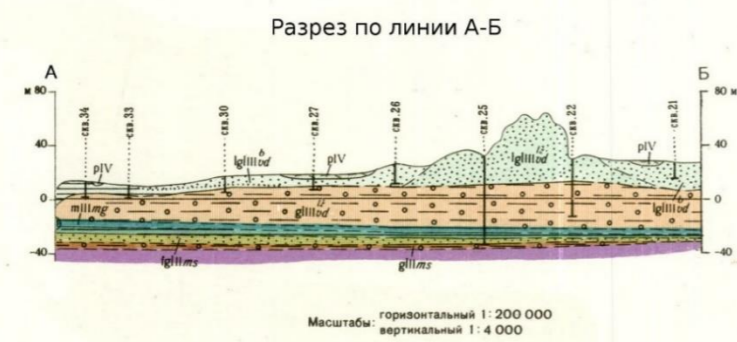


Масштабы: горизонтальный 1 : 200 000
вертикальный 1 : 10 000

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА (ЧЕТВЕРТИЧНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ)



1 : 200 000
в 1 см сантиметре 2 километра
Сплошные горизонтали проведены через 40 метров



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

СОВРЕМЕННЫЕ ОТДЕЛ			
iv	Озерные отложения		Суеся и пески валунистые
alIV	Аллювиальные отложения		Пески с гравием и галькой
pIV	Болотные отложения		Пески
mIVa	Отложения низинной и низинной стадии		Суглинки и глины (сенточные)
mIVb	Отложения ледникового моря		Торф
mlIIVa?	Отложения первого ледникового моря?		Глина
glIIIa2	Отложения балтийского ледникового моря (нерасчлененные)		Конечные моря
glIIIa1	Ледниковые отложения		Холмисто-моренный рельеф
glIIIa2	Ледниковые отложения		Моря напора
glIIIa2	Ледниковые отложения		Ледниковые навозки
glIIIa2	Ледниковые отложения		Отторженцы ледниковых пород
glIIIa2	Ледниковые отложения		Пункты проявления гляциостазии
glIIIa2	Ледниковые отложения		Сил
glIIIa2	Ледниковые отложения		Карстовый рельеф
glIIIa2	Ледниковые отложения		Береговые валы
glIIIa2	Ледниковые отложения		Абразионные уступы
glIIIa2	Ледниковые отложения		Эрозионный уступ (сильт)
glIIIa2	Ледниковые отложения		Границы литологических разностей пород
glIIIa2	Ледниковые отложения		Места находок плейстоценовой фауны
glIIIa2	Ледниковые отложения		Места находок плейстоценовой флоры
glIIIa2	Ледниковые отложения		Опорные буrolые скалкины

Примечание: Морские ледниковые отложения и валдайские моря в долине реки Невы показаны не в масштабе

