

ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(СПбГУ)

Кафедра грунтоведения и инженерной геологии

***КОРОТЫГИНА Анастасия Ярославовна***

**Выпускная квалификационная работа бакалавра**

***Анализ инженерно-геологических условий при реконструкции  
войсковой части в г. Мирный Архангельской области***

Уровень образования:

Направление 05.03.01 «Геология»

Основная образовательная программа СВ.5090-2015 «Геология и гидрогеология»

«К ЗАЩИТЕ»

Научный руководитель:

ст. преподаватель М.А. Лаздовская

Рецензент: начальник грунтовой

испытательной лаборатории

ОАО "Трест геодезических работ и  
инженерных изысканий" Л.А. Семёнова

Санкт-Петербург

2019

## Содержание

Введение .....	2
Глава 1. Физико-географические условия .....	3
1.1. Географическая характеристика района .....	3
1.2. Климат .....	4
1.3. Почвы, растительный и животный мир .....	5
1.4. Гидрография .....	6
Глава 2. Геологические и гидрогеологические условия .....	7
2.1. Геологические условия .....	7
2.1.1. История геологического развития .....	7
2.1.2. Стратиграфия .....	11
2.1.3. Магматизм .....	16
2.1.4. Тектоника .....	17
2.2. Гидрогеологические условия .....	18
Глава 3. Инженерно-геологические условия участка строительства .....	21
3.1. Рельеф и геоморфология участка строительства .....	21
3.2. Климат .....	22
3.3. Геологическое строение территории .....	24
3.4. Геологические и инженерно-геологические процессы .....	25
3.5. Гидрогеологические условия .....	27
Глава 4. Инженерно-геологическая характеристика участка работ .....	28
4.1. Характеристики пород изучаемого участка .....	28
4.2. Выделение инженерно-геологических элементов .....	29
4.3. Специфические грунты .....	38
4.4. Процессы карстообразования .....	38
ГЛАВА 5. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ .....	45
5.1. Расчет несущей способности свай-стойки .....	45
5.2. Расчет осадки ленточного фундамента методом послойного суммирования .....	45
Заключение .....	49
Список Литературы .....	50
Приложения	

## **ВВЕДЕНИЕ**

Целью настоящей работы является изучение геологических, инженерно-геологических и гидрогеологических условий территории, а также состава и физико-механических свойств грунтов для реконструкции и строительства объектов на территории войсковой части в г. Мирный Архангельской области.

Полевые и камеральные работы проводились в составе комплексной инженерно-геологической партии ООО «НТЦ «Эталон»».

В состав инженерно-геологических изысканий входило прохождение разведочных инженерно-геологических выработок, отбор литологических разностей грунта ненарушенного и нарушенного строения, построение инженерно-геологических карт и разрезов с выделением инженерно-геологических элементов и определение комплекса физико-механических свойств грунтов, а также проведение гидрогеологических работ: определение химического состава подземных вод, отбор проб на коррозионную активность и бурение гидрогеологических скважин для исследования уровней и пьезометрических поверхностей подземных вод. Были проведены исследования по выявлению негативных инженерно-геологических процессов на исследуемой территории.

Анализ проведенных исследований позволил охарактеризовать инженерно-геологические условия участка реконструкции и строительства объектов на территории войсковой части и дать рекомендации по выбору оптимального типа фундамента.

# ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

## 1.1. Географическая характеристика района

Площадь Архангельской области около 590 000 кв. км. Большая часть Архангельской области расположена в зоне Крайнего Севера.

В административном отношении участок работ расположен на территории муниципального образования «Мирный», который имеет статус закрытого административно-территориального образования. В северной части Архангельской области регион омывается Белым, Баренцевым, и Карским морями.

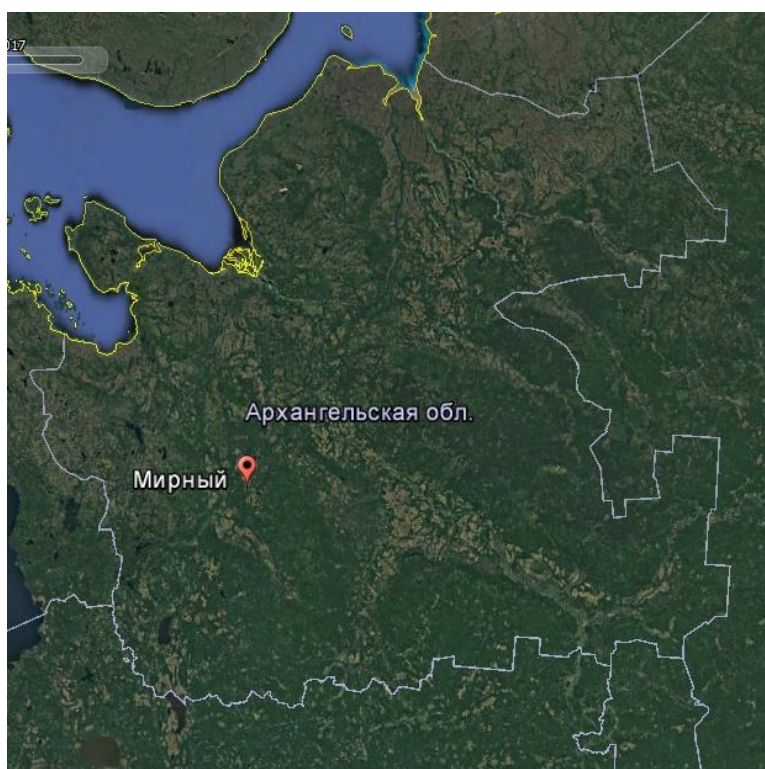


Рис.1. Физическая карта Архангельской области. (Google Earth Pro).

Рельеф. Основными морфологическими элементами этой области являются обширные низменности с преобладающими высотами до 200 м. и водораздельные плато. В результате ледниковой деятельности в области преобладают постледниковый рельеф с характерными для него особенностями.

Поскольку площадь Архангельской области достаточно велика, то есть смысл рассматривать только исследуемый участок.

Инженерно-геологические исследования проводились на территории Онего-Двино-Мезенской равнины, имеющей форму трапеции, полого наклонённой к северо-западу. Одна из двух параллельных сторон, имеющих северо-восточное направление, проходит вдоль

Беломорско-Каспийского водораздела, а другая, более короткая, приблизительно обозначается морским побережьем Белого моря. Почти все наиболее крупные реки параллельны Тиманскому кряжу (Северная Двина, Пинега, Вашка, Мезень, отчасти Онега).

Наиболее обширным, и в то же время наименее расчлененным, является плато, служащее водоразделом между бассейнами Белого и Каспийского морей. Здесь преобладают высоты до 200 м. Наиболее приподнятые его участки, достигающие 200 м и иногда более, расположены у истоков р. Ваги и близ станций Коноша и Няндомы. Наиболее высокими точками области являются Няндомские высоты, превышающие 250 м. Эти участки отличаются более расчлененной поверхностью. Плато вытянуто в меридиональном направлении; в него врежется со стороны р. Онеги глубокая Мошинская впадина, с отметками дна 60-80 м. К северу плато постепенно снижается, вследствие чего на Онежском полуострове переходит в низину. Восточнее плато расположена меридиональная Важская низина, с преобладающими высотами 50-60 м. Невысокое, но обширное плато, лежащее к северу от р. Вычегды, расчленяется реками Пинегой, Вашкой и Мезенью на три обособленных водораздела. Наиболее приподнят из них Пинежско-Двинский, где нередки высоты, превосходящие 200 м. Пинежско-Вашский и Вашско-Мезенский водоразделы несколько ниже, средняя их высота, примерно, равна 175 м.

На юго-востоке области отмечены более или менее меридиональные Вымская и Вишерская низины, а также Кельтменская сквозная депрессия, соединяющая Вычегодскую низину с Камской. В средней ее части был прорыт канал (Екатерининский), благодаря которому установлен водный путь между реками Вычегдой и Камой. (Геология СССР, 1963)

## 1.2. Климат

Климат местности определяется несколькими факторами: солнечной радиацией, расположением по отношению к океанам, атмосферной циркуляцией, характером подстилающей поверхности.

Климат района. Большая протяженность территории с севера на юг и с запада на восток и разнообразие физико-географических условий создают большое различие климата отдельных ее частей. Территория Архангельской области расположена в трех климатических поясах: арктическом (на островах Ледовитого океана), субарктическом и умеренном.

Исследуемый участок расположен в пределах умеренно-континентального типа климата. Характерной особенностью климата области является частая смена воздушных масс. Со стороны Атлантического океана и из западных районов Баренцева моря вторгаются циклоны, которые приносят с собой пасмурную погоду с осадками - прохладную летом и

тёплую зимой. Прохождение циклонов часто сопровождается сильными ветрами. Циклоничность летом ослабевает, а осенью и зимой усиливается. ([http://trasa.ru/region/arhangelskaya\\_clim.html](http://trasa.ru/region/arhangelskaya_clim.html))

Зима холодная, с устойчивыми морозами. Лето короткое и прохладное, температура июля +16 - +17°C. Среднегодовая температура воздуха для юга и центра Архангельской области составляет +1°C. Наиболее холодным месяцем является январь. Средняя температура воздуха в январе составляет - 12°C, абсолютный минимум -40,0°C. Наиболее теплым месяцем является июль. Средняя температура воздуха в июле составляет +16 - +17°C.)

В теплый период выпадает наибольшее количество осадков, две третьих годовой нормы, при этом общее количество осадков составляет 400-600 мм. На территории района повышенная влажность во все сезоны года, особенно на побережье Северного Ледовитого океана и на островах. Даже в летние месяцы относительная влажность держится не ниже 70-80%.

На всей территории области отмечается значительная облачность. В летние месяцы облачных дней больше, чем ясных. В приморских районах в этот период года часты туманы.

Климат формируется в условиях малого количества солнечной радиации зимой, под влиянием северных морей и интенсивного западного переноса, обеспечивающего вынос влажных морских масс воздуха с Атлантического океана, а также под влиянием местных физико-географических особенностей территории. Приходно-расходный баланс тепла и влаги, в общих чертах определяющийся радиационными и циркуляционными факторами, в значительной мере зависит от характера подстилающей поверхности и рельефа, а также близость Атлантики и Северного Ледовитого океана, наличие многочисленных рек, озер, болот.

Снежный покров присутствует примерно 168 дней в году. На территории устойчивый снежный покров образуется в начале ноября, а разрушается в середине апреля.

### 1.3. Почвы, растительный и животный мир

Среди почв Северного края могут быть выделены два основных типа (не считая различных их вариаций): подзолистые, характерные для зоны тайги, и болотно-глеевые, преобладающие в тундре. Вследствие северного расположения эти почвы фактически не имеют гумусового горизонта, от которого зависит плодородие почвы, следствием чего является их малая пригодность для сельского хозяйства. Большая часть Северного края покрыта тайгой. Лишь на крайнем севере вдоль побережья Северного Ледовитого океана располагается безлесная тундра. Северная граница леса представлена весьма неровной линией, по долинам

рек тайга проникает далеко на север. Такое распространение стало возможным благодаря защищенности растительности речных долин от иссушающего действия ветра, меньшему промерзанию почвы зимой, и наличию более грубозернистого материала грунта, который благоприятствует развитию лесной растительности. Благодаря хорошему дренажу данных грунтов, не происходит развитие сфагновых болот и понижается уровень вечной мерзлоты.

Господствующей древесной породой в европейской тайге является ель, второе место принадлежит сосне, третье - березе. Лиственница, пихта и осина не образуют здесь больших лесов. Наиболее распространен в Архангельской области ельник зеленомошник, с преобладанием кислицы, черники, брусники. Травяной растительности здесь весьма мало, изредка встречается брусника. Береза встречается хотя и часто, но обширных насаждений не образует. Широким, но неравномерным распространением пользуется сибирская лиственница, редко встречаются кедры и пихты. Далеко не вся площадь, относимая к лесной зоне, покрыта лесами. Весьма обширные пространства, особенно на севере тайги, заняты болотами. Помимо болот, лишены густой древесной растительности также луга, среди которых различают суходольные, располагающиеся на водоразделах, и поемные, которые широко распространены здесь и имеют очень большое хозяйственное значение.

В Архангельской области распространена фауна, характерная для таежной зоны и европейской тундры России. Среди представителей животного мира, обитающих в тайге, распространены лоси, олени, медведи, рысь и россомаха, волки и лисы. Присутствуют в большом количестве зайцы, белки, куницы, норка, бобр, ондатра, бурундук и др. Богат край разнообразными птицами, здесь их около 300 разновидностей, из которых большая часть гнездится в области. Среди рыбного многообразия есть морские разновидности (сельдь, навага, корюшка, треска, камбала), а также речная рыба.

В Красную книгу занесены пернатые хищники, такие как орлан-белохвост, скопа и беркут, самая большая из известных сов - бородатая неясыть, а также серый журавль.

#### 1.4. Гидрография

Архангельская область обладает значительной береговой линией, характерной чертой которой является наличие целого ряда крупных заливов, называемых губами. На западе расположены три крупные губы: Онежская, Двинская и Мезенская. Все они имеют правильную воронкообразную форму, постепенно расширяются в сторону моря. В них впадают крупные реки Онега, Северная Двина и Мезень. В восточной части территории имеются Чешская,

Колоколковая, Печорская, Паханческая и Хайпудырская. губы, которые отличаются неправильностью и разнообразием своих форм. В них впадают несоразмерно малые реки (Зеккель, 1940). Береговая линия отличается плавностью и малой изрезанностью.

Территория области изрезана массой рек, однако густота речной сети далеко не одинакова в различных ее частях. Почти все реки принадлежат бассейнам Белого и Баренцева морей. Но на самом юге встречаются верховья небольших рек, относящихся к Волжской системе; на юго-западе реки Вытегра, Андома и др. входят в бассейн Балтийского моря. Наиболее значительными являются реки Онега, Северная Двина, Мезень и Печора. Первые три из них текут в Белое море, Печора - в Печорское. Бассейны их охватывают площадь в 817 767 км<sup>2</sup>, что составляет 90% всей территории. Исследуемый нами участок находится в бассейне р.Онеги.

**Река Онега** вытекает из оз. Лача и впадает в Онежскую губу Белого моря. Длина ее 411 км. Площадь водосбора без оз. Лача 54 543 км<sup>2</sup>. Ширина реки колеблется от 40 м до 1,5 км. Река течет преимущественно одним руслом и только в 75 км выше устья разветвляется на два рукава, именуемые Большой и Малой Онегой. При впадении в Онежскую губу расположена небольшая, 5-6 км шириной, дельта с двумя судоходными рукавами. Русло характеризуется обилием мелей, перекатов и каменистых порогов. Толщина льда колеблется в пределах от 25 до 90 см. В верхнем течении р. Онега имеет меридиональное направление; в среднем - она образует крупную излучину, обращенную выпуклостью к востоку, в нижнем - течет на северо-запад. Указанная излучина, узость реки, значительная высота берегов и порожистость - все эти особенности среднего течения объясняются тем, что река здесь огибает массив весьма твердых базальтов Ветреного пояса. (Геология СССР, 1963)

## **ГЛАВА 2. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ**

### **2.1. Геологические условия**

#### **2.1.1. История геологического развития**

История геологического развития севера Восточно-Европейской платформы связана с соседними структурами, такими как восточный склон Балтийского щита и Канино-Тиманское складчатое сооружение. В некоторые этапы своего развития исследуемая территория имела иные условия, нежели центральная часть Русской платформы.

Основными структурными докембрийскими элементами здесь являлись: на западе - восточный склон Балтийского щита с областью карелид, который являлся областью сноса, и в синклиналях откладывались терригенные образования, представленные кварцито-



песчаниками, алевролитами и песчано-глинистыми сланцами. (Геология СССР,1963). На востоке в верхнепротерозойское-раннепалеозойское время в области Канино-Тиманского складчатого пояса располагалась внешняя зона Уральской геосинклинальной области. На Тимане с этим этапом связано образование мощных сланцевых толщ и последующие процессы их метаморфизма и смятия в интенсивные складки, сопровождающиеся интрузивной деятельностью.

Между рассмотренными структурами Балтийского щита и Тимана в центральной части описываемой территории располагалась большая по площади синклиналь, являвшаяся продолжением Московской синеклизы.

По восточному склону Балтийского щита в юго-восточном направлении проявляется несколько погребенных выступов, разделяющихся прогибами северо-западного простирания. Одним из таких выступов является Онего-Вагский, расположенный на продолжении Ветреного пояса; к северо-востоку от него прослеживается Онего-Двинский прогиб, в пределах которого отложения нижнего кембрия достигают значительной мощности. В нижнем течении р. Северной Двины и вдоль побережья Белого моря намечаются выступы фундамента: Архангельский и Беломорско-Кулойский. Основная отрицательная структура Русской платформы - Московская синеклиза, прослеживается в северо-восточном направлении, где она сливается с Предтиманским прогибом.

Северо-восточная часть Московской синеклизы являлась основным аккумулятором осадочных пород, начиная с рифея до мела, а также источниками сноса восточного склона Балтийского щита, и сводовые поднятия, входящие в зону северного склона Волго-Уральской антеклизы.

Позднедокембрийский этап представлен красноцветными толщами, залегающими непосредственно на породах кристаллического фундамента.

Раннепалеозойский этап осадконакопления широко распространён на Севере Русской платформы и имеет большие мощности. Первая половина периода осадконакопления от позднего докембрия до ордовика связана с обширным крупным бассейном, захватившим всю область Русской платформы, которая имеет связь с Урало-Тиманской геосинклинальной областью. Представлены отложениями гравелисто-песчанистых слоев с базальным конгломератом в основании, содержащим гальку кварца, полевого шпата и песчаников, а также аргиллитоподобных глин, также на данной территории отложения говорят о вулканической деятельности.

В среднепалеозойский этап происходило значительное сокращение морского нижнекембрийского бассейна и его обмеление; представлен красноцветными фациями,

которые приурочены к краевым зонам бассейна. Также происходили длительные периоды перерывов осадконакопления. На протяжении всего ордовика, силура, нижнего и среднего девона здесь господствовала суша, и лишь юго-запад территории испытывал временные погружения.

Как видно, распределение фаций и мощностей девона на Севере отражает более сложную и своеобразную историю развития этой части Русской платформы, чем это было в центральных и западных ее районах. К началу нижнекаменноугольного времени происходят поднятия, превращая весь Север в континент. Одновременно развиваются зоны опусканий вдоль юго-восточного склона Балтийского щита и в Притиманье, куда проникает морская трансгрессия. На северном склоне Ветреного пояса в это время отлагаются прибрежно-континентальные красноцветные образования с конгломератами в основании, содержащими гальку базальта и диабаз. К востоку гальки этих пород постепенно исчезают из разрезов. Залегание нижнего карбона в некоторых районах происходит непосредственно

на нижнем кембрии. (Геология СССР, 1963)

В верхнепалеозойский этап происходит погружение территории. Оно захватывает сначала восточные районы, затем распространяется на всю рассматриваемую область. Море начинает регрессировать лишь к концу верхнего карбона. Породы представлены доломитом. К пермскому периоду море превращается в лагуну с отложениями гипса, ангидрита и доломита. На рубеже нижней и верхней перми усиливавшиеся тектонические движения в области Урала и Тимана вызвали еще более интенсивный снос терригенного материала и его широкое отложение в виде континентальных осадков.

Мезозойский этап. Наметившиеся в конце нижнего триаса восходящие движения получили широкое развитие на Русской платформе и привели к перерыву в осадконакоплении, длившемуся вплоть до середины юрского периода. К этому времени относится окончательное формирование на севере структуры Сухонского вала и, вероятно, ряда мелких поднятий бассейна р. Северной Двины. Наиболее резкие колебательные движения происходят в верхнеюрское время. В последующее время мелового периода вся территория Севера оставалась сушей. После происходили процессы денудации, в результате которых часть осадочных образований палеозоя и мезозоя была уничтожена, в особенности там, где образовались русла древних рек, позднее выполненных мощными ледниковыми осадками четвертичного периода. (Геология СССР, 1963)

Мировое похолодание климата, начавшееся еще в нижнем плиоцене, привело в четвертичном периоде к образованию мощных ледниковых покровов, наступавших на Русскую платформу из трех центров оледенения: скандинавского, новоземельского и уральского.

Ледниковые эпохи сменялись межледниковыми с климатом, близким к современному. В эти периоды развивалась древесная растительность, образовывались торфяники; усиленное таяние льдов способствовало наступлению морских трансгрессий и образованию широко развитых континентальных, озерных и озерно-аллювиальных отложений. Наступившая новочетвертичная эпоха характеризуется уменьшением ледниковых покровов, сильной деградацией новоземельских льдов и разрастанием скандинавского ледникового покрова. В широко распространенной морене этого времени обычно встречаются валуны нефелинового сиенита. Последний этап ледниковой эпохи, четвертое новомежледниковье и ледниковье, оставил незначительные следы своей деятельности.

Послеледниковое время, начавшееся потеплением климата, характеризуется широким развитием континентальных отложений (аллювиальных, озерных, эоловых и торфяниковых). В прибрежной полосе Белого моря и его заливов образуются морские террасы. С четвертичным периодом связаны мощные эпейрогенические движения, которые были вызваны значительной нагрузкой континента ледниками при их наступании и последующим изменением при их таянии и отступании.

## 2.1.2. Стратиграфия

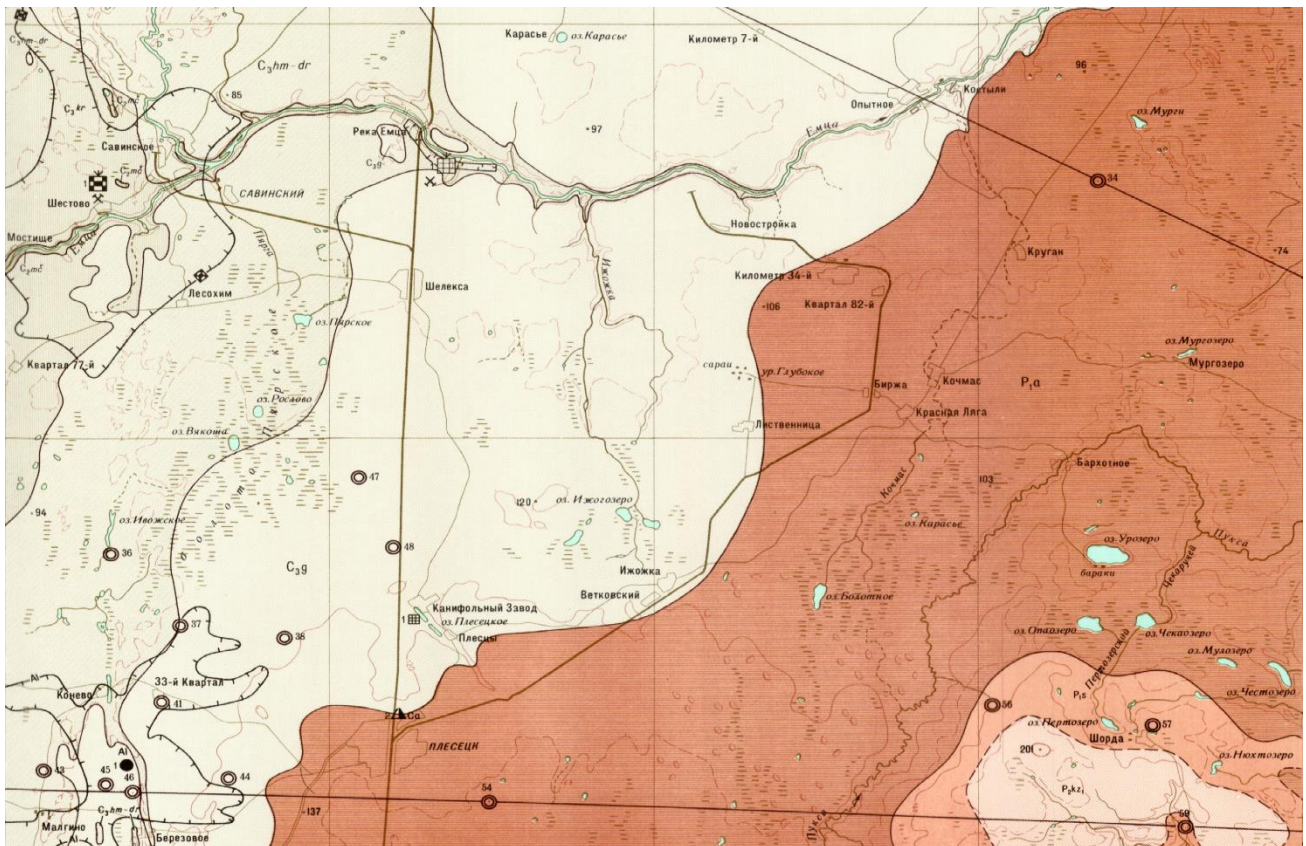


Рис.2. Карта участка Р-37-ХІ дочетвертичных отложений.  
(<http://webmapget.vsegei.ru/index.html>)

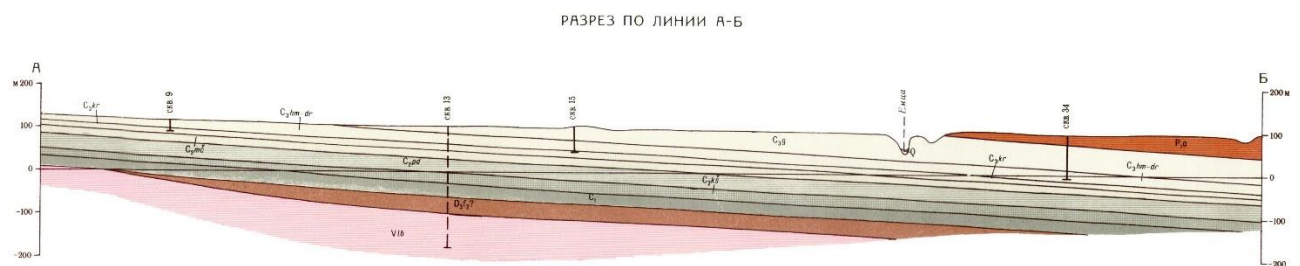


Рис.3. Дочетвертичный разрез к карте участка Р-37-ХІ  
(<http://webmapget.vsegei.ru/index.html>).

Стратиграфический разрез области начинается с пород фундамента Архейского возраста, которые выходят на поверхность на юго-восточной окраине Балтийского щита. В геологическом строении области принимают участие различные породы от Архея до четвертичного времени.

*Архейские образования* в пределах исследуемой территории развиты к северу и югу от Ветреного пояса и представлены пара- и ортогнейсами и прорывающими их ранними и поздними архейскими интрузиями кислых, основных и ультраосновных пород. Древнейшие архейские породы наиболее широко распространены вдоль южного берега Белого моря и восточнее оз. Водлозеро на ограниченной площади. По составу комплекс парагнейсов в значительной степени мигматизирован и гранитизирован.

*Протерозойские образования* в пределах рассматриваемой территории пользуются значительным распространением и протягиваются в виде полосы северо-западного простирания от оз. Пулозеро на западе до р. Онеги на востоке, на расстояние более 220 км. Ширина полосы варьирует в пределах 30-85 км.

Нижний протерозой. Комплекс нижнепротерозойских образований Ветреного пояса представлен толщами, по составу сходными с парандовской серией и нижнего протерозоя Южной Карелии. Парандовская серия выделяется здесь условно, включает метаморфические сланцы и эффузивы, мощностью до 500 метров. Тунгудско-надвоицкая серия выражена в виде конгломератов, спилитовых диабазов, в разрезе серии из осадочных образований встречаются толщи аркозов.

Средний протерозой. Среднепротерозойские образования территории Ветреного пояса и примыкающих к нему районов представлены онежской серией и существенно вулканогенной по составу серией Ветреного пояса, а также интрузивными основными и ультраосновными породами этого времени. Онежская серия в пределах Ветреного пояса представлена конгломератами, кварц-серицитовыми сланцами и кварцитами, мощностью до 200 м.

*Верхний протерозой.* К верхнепротерозойскому возрасту относятся конгломераты, сохранившиеся в виде останца, представлены кварцито-песчаниками. *Сердобская серия*-слабометаморфизованные осадочные образования песчано-глинистых сланцев и кварцито-песчаников петрозаводской серии. Наиболее мощная и хорошо изученная толща этих позднедокембрийских образований - ненокская свита, она имеет мощность 333,5 м, представлена мелкозернистыми песчаниками с прослоями более грубозернистых песчаников, к средней части свиты приурочены гравелиты с мелкой кварцевой галькой. *Валдайская серия* имеет широкое распространение на севере и в наиболее глубоко погруженных частях тектонических впадин, достигает мощности до 1000 м, представлена в нижней части грубозернистыми песчаниками, которые постепенно переходят толщу глин.

*Кембрийские отложения* на изучаемой территории представлены *балтийской серией* в виде красноцветных пород алевролитового состава с прослоями глин, мощность до 300 м. В прослоях глин найдены отпечатки пиритизированных водорослей, частые ходы червей и

хитиновые оболочки червей, принадлежащие *Serpulites petropolitanus* Jan., *Sabetlidites cambriensis* Jan.

Как уже было отмечено, до Девона происходило поднятия континента, поэтому не происходило осадконакопления.

*Девонские отложения* описываемого района представлены франским ярусом. Характерной особенностью девонских отложений окраинной части Северо-Запада Русской платформы является их терригенный состав, южнее франский ярус представлен карбонатными, глинистыми и песчаными породами, также в девонских отложениях найдены остатки девонских и единичных верхнедевонских спор.

*Отложения Карбона* включают в себя нижний, средний и верхний карбон.

*Отложения нижнего карбона* представлены комплексом морских, прибрежно-морских и лагунных образований общей мощностью от 40 до 100 м. На исследуемой территории отложения нижнего карбона можно разделить на три свиты Патровскую, Тагажемскую и Девятинскую.

*Патровская свита*, по преимуществу терригенная, мощностью от 30 до 40 м, подразделяется на три пачки. Нижняя пачка, от 3 до 10 м мощностью, представляет собой комплекс пластичных глин; в этой пачке найдены остатки *Stigmara ficosides* Fisch. Средняя пачка сложена песками, почти всецело состоящими из: хорошо окатанных и отсортированных зерен кварца. Верхняя пачка представляет собой частое переслаивание песков, глин и известняков, в которых найдена фауна, в составе которой определены: *Lonsdaleia duplicata* Mart, *Aulophyllum cf. fungites* Flem., *Lithostrotion irregulare* Phil и др.

*Тагажемская свита* мощностью 22-26 м представлена тремя пачками карбонатных пород, разделяющихся терригенными образованиями. Карбонатные пачки этой свиты сложены известняками, в разной степени доломитизированными, и доломитами. Фауна в свите присутствует разной сохранности и количестве в зависимости от пачки (*Cribrostomum bradyi* Mich., *Endothyranopsis crassa* Brady, *Clima-cammia forschii* Mich и др.)

*Девятинская свита* имеет мощность от 15 до 23 м. Она сложена существенно карбонатными породами и может быть разделена на три пачки. Известняки пачек различны по структуре и текстуре, в них найдены органические остатки.

*Средний карбон* рассматриваемой области представлен комплексом преимущественно морских отложений, мощность которых колеблется от 40 до 270 м. В пределах большей части исследуемой площади они залегают трансгрессивно на денудационной поверхности отложений нижнего карбона. На данной площади средний карбон представлен *московским ярусом*, а башкирский отсутствует. Отложения московского яруса в пределах площади выражены

карбонатными породами, которым на отдельных участках только в основании разреза подчинены песчано-глинистые образования. Мощность московских отложений здесь варьирует от 50 до 100 м. В составе его выделяются три свиты в восходящем порядке: кайручейская, карельская и сондольская.

*Кайручейская свита* мощностью 15 м сложена оолитово-конгломератовидными известняками, окремненными и частью доломитизированными, в основании разреза маломощная пачка терригенных пород. Из фауны в известняках найдены брахиоподы, гастроподы, пелециподы и фораминиферы.

*Карельская свита* мощностью до 15 м сложена обломочно-органогенными известняками, переслаивающимися с доломитизированными известняками некристаллического сложения. Свита содержит богатую фауну.

*Сондольская свита* мощностью до 20 м сложена доломитизированными известняками и доломитами мелкокристаллического или афанитового сложения. Комплекс фауны свиты также богат, но имеет меньшую сохранность.

*Верхний отдел карбона* отличается полным и непрерывным развитием в пределах рассматриваемой области. Он представлен морскими преимущественно карбонатными отложениями, общая мощность которых колеблется от 90 до 160 м. Отдел представлен гжельским ярусом и оренбургским ярусом. Мощность яруса составляет 45 м. В породах найдены фораминиферы, брахиоподы, кораллы и мшанки. Особенностью гжельского разреза данной площади является наличие прослоев глин и мергелей и присутствие терригенного материала в обломочно-органогенных известняках. Также наблюдаются следы размыва на границе отложений гжельского яруса с образованиями среднего карбона.

*Оренбургский ярус*, по сравнению с гжельским, относительно беден фауной. Общая мощность достигает 50 м. В составе разреза преобладают в разной степени доломитизированные известняки желтоватой окраски, которые по составу фауны хорошо подразделяются на два горизонта.



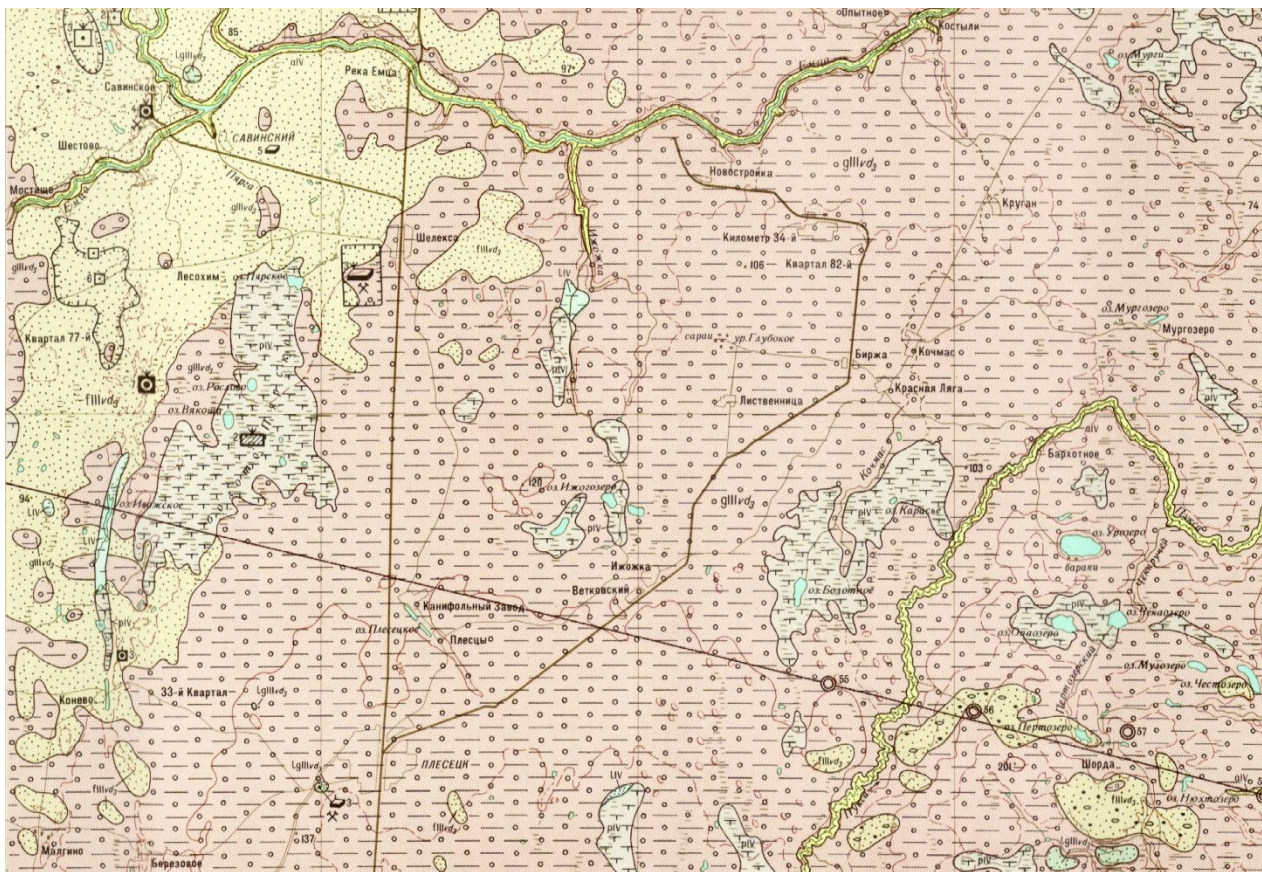


Рис.4. Карта по участку Р-37-ХІ четвертичных отложений (<http://webmapget.vsegei.ru/index.html>).

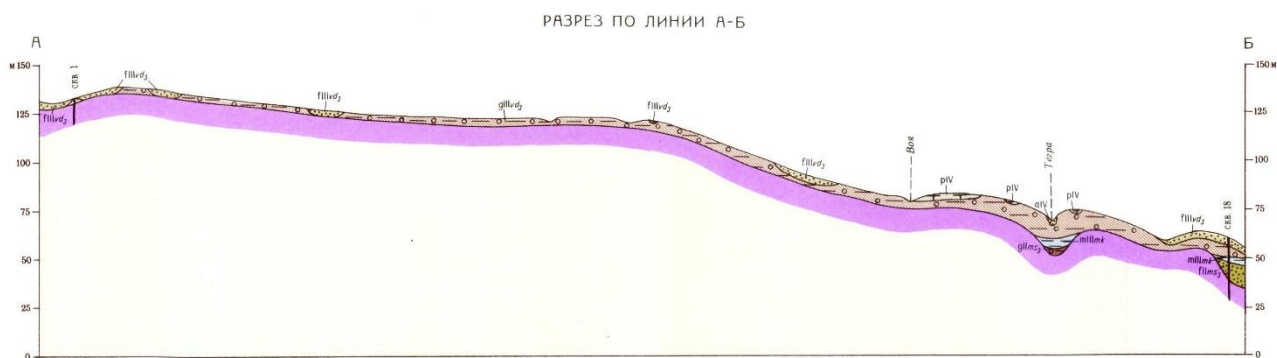


Рис.5. Четвертичный разрез к карте участка Р-37- ХІ (<http://webmapget.vsegei.ru/index.html>).

В четвертичное время были ледниковые и межледниковые стадии, в которые накапливались различные по генезису отложения. Отложения очень разнообразны по составу и сложены глинами, суглинками, супесями, песками, гравием, галькой; очень часто в перечисленных разностях присутствуют щебень и валуны местных и чуждых – кольско-карельских, таманских и даже новоземельских – валунов. Генетически четвертичные осадки представлены комплексом ледниковых, флювиогляциальных, озерно-ледниковых,



аллювиальных, озерных, морских, эоловых, элювиально-делювиальных, озерно-болотных, озерно-аллювиальных и болотных образований различного возраста. (Савинов Ю.А., 1971)

Послеледниковые отложения в Архангельской области представлены морскими и континентальными отложениями. Морские послеледниковые отложения развиты в прибрежной полосе, сложены песками с растительными остатками.

К континентальным отложениям послеледникового времени принадлежат аллювиальные, озерные, эоловые и торфяниковые образования.

Аллювиальные отложения слагают мели в руслах рек, дельты и поймы. Особенно большим развитием аллювиальные отложения пользуются в поймах или заливных террасах, представлены песками, часто заиленными, и суглинками.

Озерные отложения послеледникового времени связаны с существующими или недавно исчезнувшими озерами, на дне которых образуются литоральные или органогенные отложения из песков, илов, сапропелитов и торфяников.

Эоловые отложения представлены дюнными и бугристыми песками, встречаются по берегам рек и морей

Торфяники широко распространены на исследуемой территории и занимают большие площади (Геология СССР, 1963).

Таким образом, породы, образовавшиеся на данной территории, прошли долгий путь от Архейского фундамента до современных четвертичных отложений.

### 2.1.3. Магматизм

Проявления Рифейско-вендского этапа магматизма на изучаемой территории известно немного, они обнаружены лишь в Онежском грабене Онежско-Кандалакшского палеорифта, в центральной части Онежского грабена на глубине 604 м, и ниже вскрыта толща вулканогенно-обломочных пород, вмещающая сшиты и дайки диабазов и долеритов. Присутствие смешанных вулканокластических образований, содержащих вулканические бомбы шарообразной, эллиптической и веретенообразной формы, свидетельствует о близости вулканического центра. Магматизм активно развивался на этапе заложения рифтогенных прогибов, либо был многостадийным и проявлялся впоследствии только вблизи магма-подводящего центра - Беломорской шовной зоны. В Онежской впадине обнаружены и более молодые дайкообразные тела долеритов, секущие отложения нёнокской свиты и самые низы вендского чехла, перекрывающего грабен и смежные поднятия диабазовыми дайками.

Среднепалеозойский этап магматизма проявился во внутриплитном магматизме, представленном щелочными дайками и трубками взрыва, в том числе и кимберлитового состава, а также сложными кольцевыми массивами щелочно-ультраосновной и щелочной формаций, располагающимися в зонах динамического влияния рифтов Беломорской системы. В данном случае проявления девонского магматизма являются едва ли не единственным признаком среднепалеозойской активизации рифейских рифтов. Большинство щелочных интрузий и трубок взрыва среднепалеозойского возраста пространственно приурочено к структурам в виде системы дугообразных и кольцевых разломов. Время внедрения этих массивов сейчас уверенно определяется как позднедевонское - 380-360 млн лет.

В Архангельской провинции (Зимнебережный район) в пределах юго-восточной погребенной части известные поля кимберлитовых и базальтовых трубок с сопутствующими им силлами и дайками щелочного состава располагаются на высокостоящих блоках фундамента и в бортах авлакогенных впадин. Все трубки провинции прорывают слаболитофицированные отложения вендско-кембрийского возраста. В пределах Архангельской алмазоносной провинции намечается векторно-концентрическая зональность среднепалеозойских магматических образований района Зимнего берега, выраженная в том, что алмазоносные кимберлиты сменяются к востоку неалмазоносными микроклиновыми кимберлитами и пикритами. Таким образом, можно предполагать, что развитие среднепалеозойского щелочно-ультраосновного магматизма в пределах рифтовой системы Белого моря имело центростремительный характер, перемещаясь поступательно вдоль рифтовых структур к некоторому условному центру, расположенному в пределах акватории Белого моря южнее пролива Горло. (Балуев А.С., 2012)

#### 2.1.4.Тектоника

Исследуемая территория Архангельской области расположена в Мезенской синеклизе Восточно-Европейской платформы. Синеклиза сопряжена с такими крупными структурами, как Московская синеклиза, Тимано-Печорская плита, Балтийский кристаллический щит и Волго-Уральская антиклиза.

В кембрийском периоде Тиман и п-ов Канин существовали как геосинклиналь, развитие которой завершилось в конце салаирского тектогенеза. Причленение к северо-восточной части Русской платформы в нижнем палеозое Канино-Тиманской геосинклинали значительно увеличило площадь платформы в ордовике. Последующая геологическая история, начиная с

силура, в Притиманье протекала в условиях платформенных движений и накопления отложений эпиконтинентальных бассейнов.

Существенным в современном геологическом строении Севера Русской платформы является ее Главный прогиб, который образовался в мезозойский период. Его выделение основано на распространении отложений триаса, юры и мела. Восточнее прогиба, вдоль западного склона Тимана, находятся мощные слои солей до 1200 м, которые указывают на существующий здесь прогиб в верхнем палеозое.

Отсутствие среднего и нижнего кембрия и залегание здесь франского яруса на метаморфических сланцах, указывают на то, что платформу нельзя рассматривать как единую, монолитную и однородную структуру. Она, как и Балтийский щит, состоит из разновременно сочленявшихся в протерозое и палеозое блоков кристаллических пород.

Восточный склон Балтийского щита, Главный прогиб платформы и Канино-Тиманское сооружение являются тремя основными структурными элементами не только для Севера, но и для всей Русской платформы в целом. (Геология СССР, 1963)

## 2.2. Гидрогеологические условия

Территория Архангельской области в большей своей части расположена в пределах Северо-Двинского артезианского бассейна и частично занимает Балтийский гидрогеологический массив и Тиманскую складчатую гидрогеологическую область.

На территории области водоносные комплексы и горизонты приурочены к кристаллическим терригенным и карбонатным породам, возраст, которых от древнейших до современных. По типу скопления здесь распространены трещинные и жильные подземные воды в кристаллических сильно дислоцированных породах, и порово-пластовые, трещинно-пластовые, карстово-трещинно-пластовые в осадочных породах платформы.

На исследуемой территории присутствуют как напорные, в более глубоких слоях, так и безнапорные водоносные горизонты. Невыдержанный литологический состав и фациальная изменчивость водовмещающих пород обуславливают гидравлическую взаимосвязь горизонтов и комплексов между собой.

При общем движении подземных вод пределах Северо-Двинского артезианского бассейна на север к Белому морю наблюдаются местные отклонения в сторону приозерных депрессий долин крупных рек.

На большей части территории в водоносной толще осадочных пород выделяются три гидрохимические зоны: верхняя, содержащая пресные воды с минерализацией до 1 г/л, средняя - с солоноватыми водами с минерализацией от 1 до 50 г/л и нижняя зона соленых вод и рассолов с минерализацией свыше 50 г/д.

Наиболее водообильными являются водоносные комплексы каменноугольных отложений.

*Песчано-глинисто -карбонатный водоносный комплекс нижнего карбона (C<sub>1</sub>)*

Данный водоносный комплекс распространен под четвертичными отложениями в неширокой паюсе, протягивающейся в районе, прилежащем к Онежскому озеру и далее на севера восток от Ветреного Пояса через Онежский полуостров. К юго-востоку от этой полосы он погружается под более молодые породы на глубину до 1200-1300 м. Подземные воды в данном комплексе приурочены к прослоям песков, песчаников, известняком и мергелей, переслаивающихся с глинистыми породами. Воды, как правило, напорные, местами самоизливающиеся. На изучаемой территории минерализация равна 3,5 г/дм<sup>3</sup>, состав воды хлоридно-сульфатный кальциево-натриево-калиевый.

*Карбонатный водоносный комплекс верхнего и среднего карбона (C<sub>3-2</sub>)*

Данный водоносный комплекс наиболее развит в западной части территории, в верхнем и среднем течении р. Онеги, где он перекрыт преимущественно ледниковыми отложениями. Подземные воды трещинного и карстово-трещинного типа содержатся в толще известняков и доломитов. Минерализация водоносного комплекса составляет около 1 г/дм<sup>3</sup>, состав гидрокарбонатный магниево-кальциевый.

*Воды четвертичных отложений.*

На территории Архангельской области подземные воды приурочены ко всем генетическим типам четвертичных отложений. Водовмещающими породами являются пески различного гранулометрического состава. Глубина залегания подземных вод от поверхности земли изменяется в широких пределах в зависимости от рельефа. Подземные воды первых от поверхности водоносных горизонтов - безнапорные, а воды межморенных отложений – напорные.

Воды ледниковых отложений Валдайского оледенения (*gtQ<sub>mv</sub>d*). Водоносными являются песчаные линзы и прослои, залегающие в толще валунных суглинков и глин на глубинах от 1-2 до 25-40 м и более. Распространение морены валдайского оледенения почти повсеместное. Подземные воды этих отложений преимущественно напорные. Воды внутриморенных линз пресные, гидрокарбонатные кальциевые или магниево-кальциевые, умеренно жесткие.

Озерно-ледниковые отложения ( $IgtQ_{IIIvd}$ ) представлены песками и супесями, реже ленточными глинами и суглинками. Мощность водовмещающих пород изменяется от 0,5 до 10 м. Подземные воды в озерно-ледниковых отложениях безнапорные. Воды пресные, по составу гидрокарбонатные натриево-магниевые.

Воды флювиогляциальных надморенных отложений ( $fgtQ_{IIIvd}$ ). Водосодержащими породами являются пески с гравием, галькой, валунами и прослоями. Воды во флювиогляциальных отложениях обычно безнапорные. Мощность водоносных пород обычно от 0,5 до 6 м. Воды отложений пресные, гидрокарбонатные кальциевые или магниевые. Используются для водоснабжения.

Воды болотных отложений ( $pQ_{IV}$ ). Болотные отложения широко развиты на севере Архангельской области, залегают непосредственно с поверхности. Представлены торфом, реже илом с прослоями. Минерализация не больше  $0,5 \text{ г/дм}^3$ , состав хлоридно-гидрокарбонатные кальциевые, с большим содержанием железа. (Гидрогеология СССР, 1969)

## ГЛАВА 3. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ УЧАСТКА СТРОИТЕЛЬСТВА.

### 3.1. Рельеф и геоморфология участка строительства.



Рис. 6. Местоположение объекта ( Отчёт «Реконструкция войсковой части » ООО «НТЦ «Эталон», 2018)

Участок изысканий расположен в г. Мирный Архангельской области.

Архангельская область расположена на севере Восточно-Европейской равнины. Омывается Белым, Баренцевым, Печорским и Карским морями. Территория области в целом представляет собой обширную равнину со слабо выраженным уклоном к Белому и Баренцеву морям. Местами встречаются моренные отложения, в виде небольших холмов, образовавшиеся в результате деятельности древнего ледника. На северо-западе области сохранились мощные моренные нагромождения с множеством замкнутых впадин, занятых озерами, с холмами, сливающимися в целые цепи. На юге выделяется Коношско-Няндомская возвышенность высотой до 250 м, где обширные неглубоко врезанные речные долины спокойно чередуются с платообразными водоразделами. На востоке в пределы области входят Северный и Средний Тиман - низкогорье, состоящее из ряда параллельных гряд с платообразными вершинами высотой до 400-450 м. На западе вдоль Онежского залива протянулся кряж Ветренный Пояс. На плоских водораздельных плато на западе области, где ближе всего к поверхности подходят палеозойские известняки и мергели, широко распространены карстовые явления. Низины обычно выполнены толщами морских, озерно-ледниковых и аллювиальных наносов. На

изменение рельефа влияют: эрозия (ежегодно в бассейне Северной Двины смывается до 660 кг почвы с 1 га), морской или озерный прибой, карстовые процессы, образование болот, аккумулярующая деятельность льдов на озерах и реках.

В геоморфологическом отношении рельеф района изысканий сформирован под воздействием оледенений и характеризуется как денудационно-аккумулятивная слаборасчленённая, пологоволнистая, ледниковая залесенная равнина с холмами, грядами и развитой овражной сетью. Архангельская область расположена на севере Восточно - Европейской равнины. На юге выделяется Коношско-Няндомская возвышенность высотой до 250 м, где обширные неглубоко врезанные речные долины спокойно чередуются с платообразными водоразделами. На востоке в пределы области входят Северный и Средний Тиман - низкогорье, состоящее из ряда параллельных гряд с платообразными вершинами высотой до 400 -450 м. На западе вдоль Онежского залива протянулся кряж Ветренный Пояс.

Рельеф участка ровный. Территория вокруг участка работ застроена, и имеет густую сеть инженерных коммуникаций.

Абсолютные отметки поверхности рельефа по устьям скважин, пробуренным в июне 2018 года, изменяются от 114,10 до 114. (Отчёт «Реконструкция войсковой части » ООО «НТЦ «Эталон», 2018).

### 3.2. Климат

Климат района умеренно-континентальный, имеет черты, обусловленные влиянием моря и материка.

среднегодовая температура воздуха - +0,9°C;

средняя максимальная температура самого холодного месяца (январь) - -19°C, минимальная - -48°C;

средняя максимальная температура самого теплого месяца (июль) - +21,8°C, максимальная - +35°C;

количество осадков с ноября по март - 150 мм, апрель - октябрь - 366 мм.

Заморозки возможны в течение всего теплого периода.

Снежный покров устанавливается в начале первой декады ноября и сходит в первых числах апреля - начале мая.

Число дней в году со снежным покровом составляет 175 - 185. Максимальной высоты (100 - 125 см) снежный покров достигает в конце марта.

Среднемесячная и годовая температура воздуха в °C представлена в таблице 1.

Таблица 1 Среднемесячная и годовая температура.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
-14,1	-12,8	-7,3	-0,1	+6,6	+13,4	+16,1	+13,9	+8,0	+1,2	-4,5	-10,2	<b>+0,9</b>

Климат района изысканий (Архангельская область) формируется в условиях малого количества солнечной радиации зимой, под воздействием северных морей и интенсивного западного переноса. Вынос теплого морского воздуха, связанный с прохождением атлантических циклонов, и частые вторжения арктического воздуха с Северного Ледовитого океана придают погоде большую неустойчивость в течение всего года.

Преобладающее направление ветра:

зимой - юго-восточное;

летом - северное.

Среднегодовая скорость ветра 0-3,8 м/с.

Грозы в районе редки, их повторяемость в году не превышает 10 - 15 дней и почти половина приходится на июль.

средняя максимальная температура воздуха наиболее жаркого месяца (июль) - +22,3°С;

средняя месячная температура воздуха наиболее холодного месяца (январь) -

-12,7°С. (Отчет: «Реконструкция солдатской казармы войсковой части 22994 пл.111У в г. Мирный Архангельской области», ООО «НТЦ «Эталон», 2018)

Согласно прил.Б СП 34.13330.2012 Изыскиваемая площадка расположена в дорожно-климатической зоне III.

Согласно схематической карте климатического районирования для строительства (СП 131.13330, Приложение А) (9.27), территория расположена в климатическом подрайоне II В.

Согласно карте районирования по средней скорости ветра за зимний период (СП 20.13330, Карта 2, Приложение Ж) (9.21), ветровой район – 4.

Согласно карте районирования по давлению ветра (СП 20.13330, Карта 3, Приложение Ж) (9.21), район ветрового давления район – I.

Согласно карте районирования по толщине стенки льда (СП 20.13330, Карта 4, Приложение Ж) (9.21), гололедный район – I.

Согласно карте зон влажности (СП 50.13330, Приложение В) (9.25), зона влажности – 2 (нормальная).



Продолжительность неблагоприятного периода составляет семь месяцев, с 15 октября по 15 мая, согласно «Справочнику базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства» (9.34).

### 3.3. Геологическое строение территории

В геологическом строении исследуемой территории по данным бурения до глубины 10,0 м принимают участие четвертичные (Q) и каменноугольные (C) отложения. Четвертичные отложения представлены современными техногенными (t IV) образованиями и верхнечетвертичными ледниковыми (gIII) суглинками. Каменноугольная система представлена дресвяными элювиальными (eC<sub>3</sub>) отложениями и известняками (C<sub>3g</sub>).

#### **Каменноугольная система C, отложения гжельского яруса- C<sub>3g</sub>**

Известняки доломитистые светло-серые, микрокристаллические, средней прочности, с редкими прослоями мергеля, трещиноватые, плотные, мощность составляет 4,4 - 6,2 м.

#### **Верхний отдел – C<sub>3</sub>, элювиальные отложения – eC<sub>3</sub>.**

Известняки доломитистые светло-серые, низкой прочности, сильно выветрелые до щебня и дресвы, с супесчаным заполнителем (известково-доломитовая «мука»), мощность составляет 1,0 - 2,6 м.

#### **Верхнечетвертичные отложения –III, Ледниковые отложения - gIII**

Суглинки серо-коричневые, легкие, пылеватые, полутвердые, с прослоями (1-5 мм) песков до 1 -2%, с включением щебня и дресвы кристаллических пород до 15%., мощностью 1,6 - 3,1 м.

#### **Техногенные образования - tIV**

Насыпные грунты слежавшиеся: суглинки коричневатые-серые, легкие, пылеватые, полутвердые, с включением строительного мусора до 20%. Мощность составляет 0,5-1,4 м.

#### **Четвертичная система – Q, Современный отдел -IV**

Пролювиально-делювиальные образования – pdIV С поверхности локально развит почвенно-растительный слой. (Отчет: «Реконструкция солдатской казармы войсковой части 22994 пл.111У в г. Мирный Архангельской области», ООО «НТЦ «Эталон», 2018)

### 3.4. Геологические и инженерно-геологические процессы.

На исследуемой территории к геологическим и инженерно-геологическим процессам относятся:

#### 1. Карстовые процессы.

Исследуемый район по условиям строительства входит в карстовый район Онего-Северодвинского междуречья. На территории реконструируемых сооружений в соответствии с СП 11-105-97 (Часть 2) развит карбонатный тип карста, а по условиям залегания – покрытый тип (над карстующимися породами залегают некарстующиеся дресвяные грунты).

Карстовые процессы, как правило, сопровождаются размывом пород, суффозией, деформацией основания сооружений (провалы, оседания, воронки), изменением прочностных характеристик грунтов.

При проектировании необходимо учесть, что активизация процесса карстообразования возможна в результате искусственного изменения природных условий в процессе реконструкции и эксплуатации объектов, под влиянием техногенных воздействий, изменение химического состава и температуры подземных вод за счет сброса неочищенных промышленных, бытовых и сельскохозяйственных стоков, создание водозаборов и т.д.).

На исследуемой территории не выявлены карстовые провалы, однако пройденными скважинами встречены зоны сильновыветрелых известняков до состояния дресвы и известково-доломитовой «муки», заполняющих трещины, поры и полости.

По времени образования карст определяется как древний, завершивший свое развитие, погребенный под более молодыми отложениями. По результатам бурения карбонатные породы вскрыты с глубины 7,8–8,1 м (абс. отм. кровли 112,6–113,1 м), представленные известняками доломитовыми средней прочности, сильнотрещиноватыми, размягчаемыми. Общая вскрытая их мощность составляет 1,9–2,2 м.

Учитывая вышеизложенное, исследованная территория по степени устойчивости относительно возможности образования карстовых провалов относится к V категории территории относительно устойчивой для строительства в соответствии с табл. 5.1 СП 11-105-97, (часть 2).

Исследованная территория по степени устойчивости территории относительно средних диаметров карстовых провалов относится к категории Г - средние диаметры карстовых провалов до 3,0 м в соответствии с табл. 5.2 СП 11-105-97, (часть 2). (Отчет: «Реконструкция солдатской казармы войсковой части 22994 пл.111У в г. Мирный Архангельской области», ООО «НТЦ «Эталон», 2018)

## 2. Морозное пучение грунтов

В зимний период времени возможно развитие процесса морозного пучения. При сезонном промерзании грунты способны увеличиваться в объеме, что сопровождается подъемом поверхности грунта и развитием сил морозного пучения, действующих на конструкции сооружений. При последующем оттаивании грунта происходит его осадка. Процесс носит периодический сезонный характер.

Нормативная глубина сезонного промерзания составляет: для техногенных суглинков полутвердых, и ледниковых суглинков полутвердых – 1,61 м, для карбоновых супесей «доломитовая мука» – 1,96 м (рассчитана по формуле 5.3 СП 22.13330.2011).

В соответствии с табл. Б. 27 ГОСТ 25100-2011, техногенные суглинки и ледниковые суглинки при условии водонасыщения относятся к среднепучинистым грунтам, дресвяные грунты - к слабопучинистым грунтам. (Отчет: «Реконструкция солдатской казармы войсковой части 22994 пл.111У в г. Мирный Архангельской области», ООО «НТЦ «Эталон», 2018)

## 3. Сейсмичность

Согласно картам общего сейсмического районирования ОСР-97 «Список населенных пунктов Российской Федерации, расположенных в сейсмических районах, с указанием расчетной сейсмической интенсивности в баллах шкал MSK-64 для средних грунтовых условий и трех степеней сейсмической опасности – А (10%), В(5%), С(1%) в течение 50 лет», Архангельская область по картам С (1%) оценивается 6 баллов. Оценка сейсмичности приведена для средних грунтов для точечных объектов, то есть объектов, линейные размеры которых невелики (не более первых км) (СП 14.13330.2014).

## 4. Естественное подтопление территории

В неблагоприятные периоды года (периоды дождей и снеготаяния) возможно образование вод типа «верховодка» в техногенных отложениях и ледниковых суглинках. В понижениях рельефа возможно образование открытого зеркала воды.

В соответствии с приложением И (СП-11-105-97 (часть 2)) рассматриваемую территорию рекомендуется отнести к типу I-A-2 (сезонно подтапливаемые).

Согласно СНиП 22-01-95 территория изысканий относится к категории умеренно опасных процессов (по подтоплению).

### 3.5. Гидрогеологические условия

Гидрогеологические условия участка работ на глубину бурения (до 10,0 м) характеризуются наличием одного водоносного горизонта.

Подземные воды водоносного горизонта, в период изысканий (июнь 2018 года), были вскрыты на глубинах от 5,9 до 6,4 м. Водовмещающими породами являются трещиноватые известняки. Воды безнапорные.

Уровни воды в скважинах, пробуренных в июне 2018 года, можно отнести к среднегодовым. Питание водоносного горизонта – атмосферное. Подземные воды производят разгрузку в местную гидрографическую сеть.

Максимальная многолетняя амплитуда колебания уровня подземных вод составляет 2,0 м.

По полученным данным лабораторных исследований на макрокомпоненты и агрессивность к строительным материалам, грунтовые воды имеют минерализацию 1,1 г/дм<sup>3</sup>, состав имеют гидрокарбонатный магниевый-кальциевый, рН варьирует от 7,8 до 8,9. В одной из проб незначительно превышает ПДК по магнию.

Таблица 2. Состав подземных вод.

<b>№ скважины</b>	1	<b>прозрачность</b>	прозрачная
<b>глубина отбора</b>	6,2	<b>цвет</b>	бесцветная
		<b>запах</b>	без запаха

<b>катионы</b>	<b>мг/дм<sup>3</sup></b>	<b>мг-кв/дм<sup>3</sup></b>	<b>%-экв</b>	<b>анионы</b>	<b>мг/дм<sup>3</sup></b>	<b>мг-экв/дм<sup>3</sup></b>	<b>% экв</b>
Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	29,65	1,29	9	Cl <sup>-</sup>	31,91	0,90	6
Ca <sup>2+</sup>	168,34	8,40	58	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	48,00	1,00	7
Mg <sup>2+</sup>	57,15	4,70	33	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	762,50	12,50	87
				CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0,02	0	0
Fe общ.	0,10			NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,02	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,21	0,01	0				
<b>сумма катионов</b>	<b>255,34</b>	<b>14,40</b>	<b>100,00</b>	<b>сумма анионов</b>	<b>842,44</b>	<b>14,40</b>	<b>100</b>

сухой остаток мг/дм <sup>3</sup>	724,0			жѐсткость общая мг- экв/дм <sup>3</sup>		13,10	
рН	7,8			жѐсткость карб.мг-экв/дм <sup>3</sup>		12,50	
				минерализация	1097,79		

## **ГЛАВА 4. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УЧАСТКА РАБОТ**

### 4.1. Характеристики пород изучаемого участка

В соответствии с ГОСТ 20522-2012, с учетом возраста, генезиса, номенклатурного вида, состояния слагающих грунтов в пределах глубины исследования (до 30 м.) по результатам камеральной обработки материалов изысканий на участке предполагаемого строительства выделены следующие литолого-генетические разности.

Гранулометрический состав и физико-механические свойства грунтов на территории изысканий определялись по образцам грунтов нарушенной и ненарушенной структур, отобранных из инженерно-геологических скважин.

### **Четвертичная система - Q**

#### **Современный отдел -IV**

#### **Проллювиально-делювиальные образования - pdIV**

С поверхности локально развит почвенно-растительный слой.

#### **Техногенные образования - tIV**

**ИГЭ-1.** Насыпные грунты слежавшиеся: суглинки коричневато-серые, легкие, пылеватые, полутвердые, с включением строительного мусора до 20%. Мощность составляет 0,5 - 1,4 м.

### **Верхнечетвертичные отложения –III**

#### **Ледниковые отложения - gIII**

**ИГЭ-2.** Суглинки серо-коричневые, легкие, пылеватые, полутвердые, с прослоями (1-5 мм) песков до 1 -2%, с включением щебня и дресвы кристаллических пород до 15%., мощностью 1,6 - 3,1 м.

### **Каменноугольная система С**

#### **Верхний отдел - Сз**

#### **Элювиальные отложения - еСз**

**ИГЭ-3.** Известняки доломитистые светло-серые, низкой прочности, сильно выветрелые до щебня и дресвы, с супесчаным заполнителем (известково-доломитовая «мука»), мощность составляет 1,0 - 2,6 м.

#### **Отложения гжельского яруса- Сзг**

**ИГЭ-4.** Известняки доломитистые светло-серые, микрокристаллические, средней прочности, с редкими прослоями мергеля, трещиноватые, плотные, мощность составляет 4,4 - 6,2 м.

#### **4.2. Выделение инженерно-геологических элементов**

На месте реконструкции здания казармы (в г. Мирный, Архангельской области), пробурено 6 скважин глубиной до 10 метров. Геологический разрез представлен следующими грунтами:

- под растительным слоем и до глубины 0,5-1,4 м – техногенные насыпные грунты, представленные суглинком легким, пылеватым (ИГЭ-1);

- затем до глубины 2,1-4,5 м – разрез представлен ледниковыми отложениями, сложенный суглинками легкими, пылеватыми, полутвердой консистенции, с прослоями песков и с включением щебня и дресвы (ИГЭ-2);

- до глубины 3,1-9,2 м – элювиальные отложения, представленные известняками доломитистыми сильно выветренными (ИГЭ-3);

- до глубины 10 м (до забоя скважины) – коренные отложения, сложенные известняками микрокристаллическими.

В качестве основания для фундамента здания казармы рекомендуется использовать коренные отложения. Грунтовые воды при бурении скважин встречены на глубине от 5,9 до

6,4м. Расчетную сейсмичность площадки следует принять равной 6 баллам. Перед началом реконструкции необходимо предусмотреть противокарстовые мероприятия, и не допустить приток воды в коренные отложения.

На данное здание казармы составлен паспорт, в котором представлены колонки скважин, инженерно-геологический разрез, а также нормативные и расчётные значения физико-механических характеристик грунтов по инженерно-геологическим элементам.

Результаты определения состава и физико-механических свойств грунтов выделенных инженерно-геологических элементов приведены в таблицах 3-14.

Таблица 3. Физические свойства грунтов ИГЭ-1

№ скв.	Глубина отбора, м	Природная влажность W, д.ед.	$\rho_s$ , г/см <sup>3</sup>	Пластичность, д.ед.		
				W <sub>L</sub>	W <sub>p</sub>	I <sub>L</sub>
1	0,2-0,4	0,184	2,70	0,264	0,171	0,14
1	1,2-1,4	0,198	2,71	0,287	0,188	0,10
2	0,5-0,7	0,203	2,70	0,274	0,181	0,24
2	1,-1,2	0,211	2,70	0,282	0,190	0,23
3	0,4-0,6	0,176	2,69	0,243 0	0,154	0,25
4	0,8-1,0	0,198	2,70	0,267	0,184	0,17

Таблица 4. Гранулометрический состав ИГЭ-1

№ скв.	Глубина отбора, м	>10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,0005
1	0,2-0,4	7,7	0,7	0,9	1,1	3,2	7,3	11,6	10,3	28,5	15,6	13,1
2	1,2-1,4		0,6	1,2	1,1	2,5	5,8	9,7	9,9	34,1	16,3	18,8
2	0,5-0,7											
3	1,0-1,2	1,3	0,3	1,0	1,3	3,2	7,2	9,4	11,2	31,7	17,7	15,7
4	0,4-0,6		0,3	0,7	1,2	2,9	6,4	11,6	13,3	32,0	16,0	15,6

<i>Среднее значение</i>	<i>4,5</i>	<i>0,5</i>	<i>1,0</i>	<i>1,2</i>	<i>3,0</i>	<i>6,7</i>	<i>10,6</i>	<i>11,2</i>	<i>31,6</i>	<i>16,4</i>	<i>15,8</i>
-------------------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

*Таблица 5. Механические свойства ИГЭ-1*

№ скв.	Глубина отбора, м	Среднее расчетное сопротивление, $R_0$ , кПа
1-4	0,2-1,2	120

*Таблица 6.. Физические свойства грунтов ИГЭ-2*

№ скв.	Глубина отбора, м	Коэффициент пористости, $e$ д.ед	Природная влажность $W$ , д.ед.	Плотность грунта, $г/см^3$			Пластичность, д.ед.		
				$\rho$	$\rho_d$	$\rho_s$	$W_L$	$W_p$	$I_L$
1	2,2-2,4	0,537	0,180	2,08	1,76	2,71	0,305	0,190	0,18
1	3,0-3,4	0,533	0,188	2,10	1,77	2,71	0,284	0,187	0,01
2	2,4-2,6	0,537	0,190	2,09	1,76	2,70	0,258	0,170	0,23
3	2,4-2,6	0,519	0,193	2,12	1,78	2,70	0,264	0,172	0,23
4	1,4-1,6	0,535	0,181	2,07	1,75	2,69	0,246	0,162	0,23
4	2,6-2,8	0,537	0,190	2,09	1,76	2,70	0,263	0,169	0,22
5	1,0-1,2	0,554	0,193	2,08	1,74	2,71	0,269	0,172	0,22
5	2,6-2,8	0,529	0,195	2,11	1,77	2,70	0,263	0,173	0,24
6	1,0-1,2		0,188				0,253	0,179	0,12
6	1,6-1,8	0,519	0,193	2,12	1,78	2,70	0,265	0,177	0,18
6	3,0-3,2	0,539	0,181	2,08	1,76	2,71	0,254	0,166	0,17

*Таблица 7. Гранулометрический состав ИГЭ-2*



№ скв.	Глубина отбора, м	>10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,0005
1	2,2-2,4		0,3	0,7	0,6	1,4	5,6	11,5	10,9	32,2	14,9	21,9
1	3,0-3,2											
2	2,4-2,6		0,4	1,1	0,9	3,0	7,2	10,8	10,3	32,3	15,2	18,8
3	2,4-2,6											
4	1,4-1,6		0,2	0,9	1,2	2,9	6,3	10,6	12,8	32,3	16,7	16,1
4	2,6-2,8		0,4	0,6	0,5	2,9	6,1	10,5	13,0	30,2	18,1	17,7
5	1,0-1,2		0,5	0,8	1,6	2,7	6,4	9,0	12,3	33,1	18,4	15,2
5	2,6-2,8		0,4	1,0	1,4	3,0	6,2	10,8	12,1	30,2	16,3	18,6
6	1,0-1,2											
6	1,6-1,8		0,7	0,6	0,9	3,0	6,0	10,7	12,5	31,2	20,3	14,1
<b>Среднее значение</b>			<b>0,4</b>	<b>0,8</b>	<b>1,0</b>	<b>2,7</b>	<b>6,3</b>	<b>10,6</b>	<b>12,0</b>	<b>31,6</b>	<b>17,1</b>	<b>17,5</b>

Таблица 8. Механические свойства грунтов ИГЭ-2

№ скв.	Глубина отбора, м	Угол внутреннего трения, φ, град.	Сцепление, С, кПа	Модуль общей деформации, Е, МПа	Среднее расчетное сопротивление R <sub>0</sub> , кПа
1	2,2-2,4	19	41	27,6	
2	2,4-2,6	25	39	28,1	
6	3,0-3,2	18	41,3	32,6	
<b>Среднее значение</b>		<b>19</b>	<b>41</b>	<b>27,6</b>	<b>350</b>

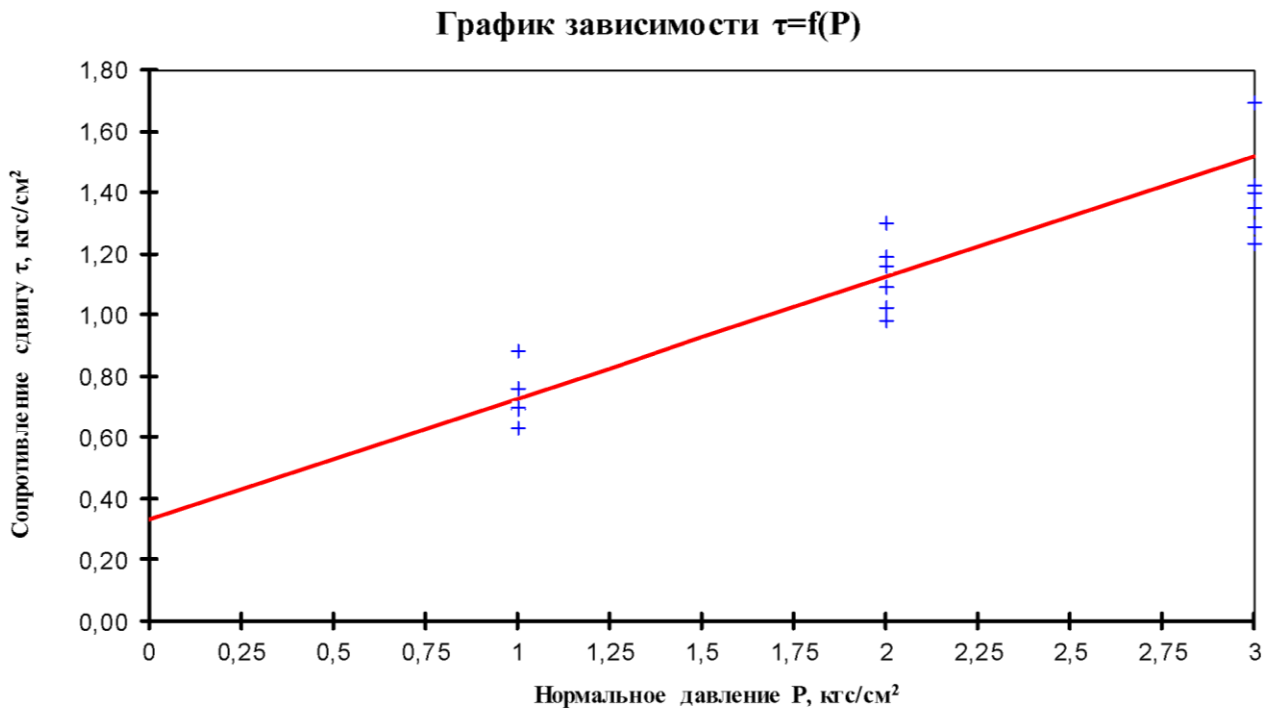


Рис.7. График определения показателей прочности грунта по ИГЭ-2.

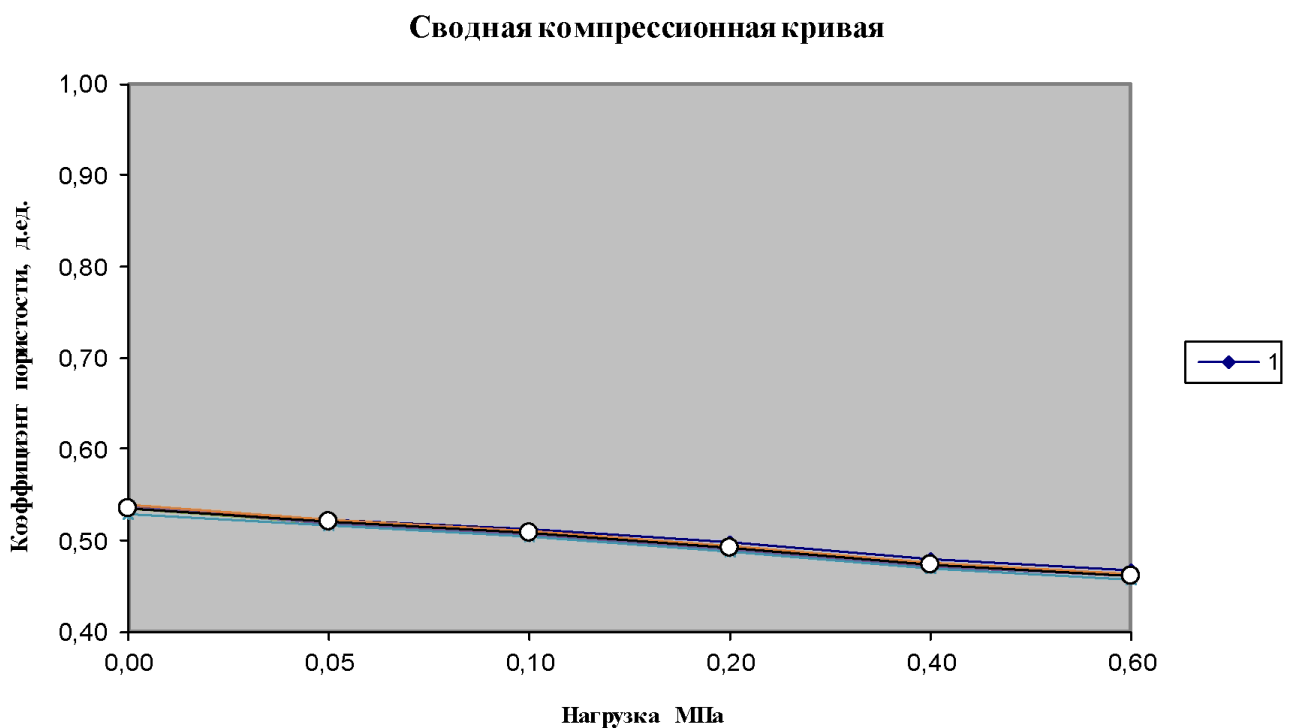


Рис.8. Сводная компрессионная кривая по ИГЭ-2.

Таблица 9. Физические свойства грунтов ИГЭ-3

№ скв.	Глубина отбора, м	Природная влажность W, д.ед.	Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>			Пластичность, д.ед.		
			$\rho$	$\rho_d$	$\rho_s$	W <sub>L</sub>	W <sub>p</sub>	I <sub>L</sub>
1	3,6-3,8	0,204			2,66	0,268	0,207	-0,05
1	5,0-5,2	0,124			2,66	0,243	0,174	-0,72
2	3,0-3,2	0,116			2,66	0,192	0,133	-0,29
2	3,6-3,8	0,115			2,66	0,196	0,144	-0,56
3	3,2-3,4	0,200			2,68	0,269	0,200	0,00
3	4,2-4,4	0,113			2,67	0,169	0,135	-0,65
4	3,6-3,8	0,213			2,67	0,280	0,227	-0,26
5	3,4-3,6	0,212			2,66	0,285	0,241	-0,66
5	3,9-4,1	0,204			2,67	0,273	0,207	-0,05
6	3,6-4,0	0,256*				0,374	0,257	-0,01
6	3,6-4,1	0,065*	2,33	2,19				

Таблица 10. Гранулометрический состав ИГЭ-3

№ скв.	Глубина отбора, м	>10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,0005
1	3,6-3,8					5,1	3,8	7,3	12,1	47,9	14,8	9,0
1	5,0-5,2		2,1	0,8	1,3	6,4	5,6	6,1	12,4	35,6	14,5	15,2
2	3,0-3,2	7,7	12,1	5,3	6,9	5,2	4,8	4,8	10,8	26,8	9,6	6,0
2	3,6-3,8	5,8	11,9	6,7	3,2	12,6	6,4	6,5	11,3	22,1	7,8	5,7
3	3,2-3,4	0,7	3,5	4,2	2,3	10,8	5,7	6,0	12,8	31,8	13,7	8,5
3	4,2-4,4	3,2	9,7	7,8	7,0	11,1	6,8	5,6	11,5	23,4	8,6	5,3
4	3,6-3,8	4,3	4,4	3,5	1,3	10,1	5,3	5,8	12,6	33,8	12,5	6,4

5	3,4-3,6			0,1	1,2	10,2	5,2	6,2	15,4	43,3	12,2	6,2
5	3,9-4,1		1,9	0,3	0,9	11,0	6,3	4,4	11,8	47,7	11,2	4,5
6	3,6-4,0			0,6	0,2	3,5	1,7	6,7	14,3	43,0	19,8	10,2
6	3,6-4,1											
<b>Среднее значение</b>		<b>4,3</b>	<b>6,5</b>	<b>3,3</b>	<b>2,7</b>	<b>8,6</b>	<b>5,2</b>	<b>5,9</b>	<b>12,5</b>	<b>35,5</b>	<b>12,5</b>	<b>7,7</b>

Таблица 11. Механические свойства грунтов ИГЭ-3

№ скв.	Глубина отбора, м	Среднее расчетное сопротивление, $R_0$ , кПа
1-6	3,0-5,2	400

Таблица 12. Физические и механические свойства грунтов ИГЭ-4

№ скв.	Глубина отбора, м	Природная влажность $W$ , д.ед.	Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>		Сопротивление одноосному сжатию	
			$\rho$	$\rho_d$	В сухом состоянии, МПа	В воде, МПа
1	7,8-8,2	0,089	0,089	0,089	21,6	10,8
1	9,2-9,6	0,071	0,071	0,071	25,6	10,3
2	7,2-7,6	0,033	0,033	0,033	55,7	47,0
2	9,0-9,4	0,093	0,093	0,093	22,2	14,1
3	6,4-6,8	0,040	0,040	0,040	53,7	48,3
3	7,2-7,4	0,065	0,065	0,065	44,1	32,8
4	6,2-6,4	0,117	0,117	0,117	44,1	32,8
4	8,2-8,6	0,100	0,100	0,100	44,1	32,8
5	8,8-9,2	0,048	0,048	0,048	44,3	34,1
6	7,5-7,7	0,071	0,071	0,071	39,4	21,8

Таблица 13. Механические свойства грунтов ИГЭ-4

№ скв.	Глубина отбора, м	Предел прочности на одноосное сжатие, $R_{сж}$	
		В сухом состоянии, МПа	В водонасыщенном состоянии, МПа
1-6	3,0-5,2	39,5	28,5

Нормативные и расчетные значения характеристик грунтов выделенных инженерно-геологических элементов приведены в таблице 14.

Таблица 14. Нормативные и расчетные значения характеристик грунтов

№ ИГЭ	Наименование грунтов	Геологический индекс.	Плотность грунта, г/см <sup>3</sup> при ест. влаж., в водонасыщ. сост.			Коэффициент пористости	Естественная влажность, доли ед. при ест. влаж. в водонасыщ. сост.	Число пластичности	Показатель текучести	Прочностные характеристики						Модуль Деформации, МПа	Расчетное сопротивление, кПа по СП 22.13330.2011	Коэффициент фильтрации, м/сут	Методы определения расчетных характеристик
			ρ <sub>n</sub>	ρ <sub>l</sub>	ρ <sub>p</sub>					E	We	I <sub>p</sub>	L <sub>c</sub>	φ <sub>n</sub>	φ <sub>l</sub>				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Насыпные грунты слежавшиеся: суглинки	tIV	-	-	-	-	0,195	0,092	0,19	-	-	-	-	-	-	-	120	0,20	Ro - табл. Б.9, прил. Б, СП 22.13330.2016
2	Суглинки легкие пылеватые полутвердые	gIII	2,09	2,07	2,08	0,534	0,188	0,091	0,15	19	17	19	41	27	41	27,6	350	0,05	ρ, W, e - лаб. данные; c, φ, E - лаб. данные; Ro - табл. Б.3, прил. Б, СП
3	Известняки доломитистые, сильно выветрелые до дресвы и щебня	eCз	<u>2,19</u> 2,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	400	30,0	ρ- лаб. данные; Ro - табл. Б.6, прил. Б, СП 22.13330.2016
4	Известняки доломитовые средней прочности, сильнотрещиноватые, размягчаемые	Cзg	<u>2,13</u> 2,29	<u>2,11</u> 2,27	<u>2,12</u> 2,28	-	0,073	-	-	Предел прочности на одноосное сжатие в сухом/водонасыщенном состоянии R <sub>сж</sub> = 39,5/28,5 МПа.						5,0	ρ, W, R <sub>сж</sub> - лаб. данные		

#### 4.3. Специфические грунты

К специфическим грунтам на рассматриваемом участке работ относятся техногенные (насыпные) и элювиальные грунты.

Насыпные грунты, представлены суглинками коричневато-серыми, легкими, пылеватыми, полутвердыми, с включением строительного мусора до 20%. Срок отсыпки более 5 лет. Вскрыты локально в скважинах №№ 1–4 с дневной поверхности и под ПРС с глубины 0,1–0,3 м (абс. отм. 114,07–114,42 м). Мощность составляет 0,5–1,4 м. (ИГЭ-1)

Элювиальные грунты, представлены известняками доломитистыми светло-серыми, низкой прочности, сильновыветрелые до щебня и дресвы, с супесчаным заполнителем (известково-доломитовая «мука»). Вскрыты во всех скважинах на глубине 2,8 – 3,4 м (абс. отм. 110,75 – 111,02 м), мощность составляет 1,0 – 2,6 м. (ИГЭ-3)

Для предотвращения карстовых процессов элювиальных грунтов и нижележащих гжельских известняков, следует предусмотреть мероприятия по недопущению поверхностных и грунтовых вод к этим грунтам в основании сооружений и недопущение застоя воды в котлованах сооружений во время реконструкции здания.

Результаты определения физических и расчета механических свойств специфических грунтов представлены в таблицах 3,5,9,11.

#### 4.4. Процессы карстообразования

Термин «карст» происходит от австрийского названия плато Карст (Karst) в Словении, где данные явления типично выражены и где их давно начали изучать европейские исследователи. Карстовые процессы развиваются в растворимых природными водами горных породах, из которых наиболее широко представлены известняки. Из-за этого долгое время карстовыми явлениями считались именно явления в известняках, в то время как те же явления в гипсах, ангидритах и солях считались псевдокарстом (Гвоздецкий Н.А., 1981).

По литологии карстующихся пород карст подразделяется на следующие типы: карбонатный (в известняках, доломитах, мелу, обломочных породах с карбонатным цементом); сульфатный (в гипсах, ангидритах); хлоридный, галоидный, или соляной (в каменной и калийной солях). Также возможны промежуточные типы карста (сульфатно-карбонатный,

сульфатно-соляной) или их подтипы (гипсо-ангидритовый, известняково-гипсовый, мергельно-меловой и т.д.) (Толмачев В. В, 1990).

Также карст можно подразделять на открытый и подземный.

К поверхностным карстовым формам относятся:

Карры – небольшие углубления в виде рытвин и борозд глубиной от нескольких сантиметров до 1-2 м;

Поноры – вертикальные или наклонные отверстия, уходящие в глубину и поглощающие поверхностные воды;

Карстовые воронки, имеющие наибольшее распространение, как в горных районах, так и на равнинах. Среди них по условиям развития выделяются: 1) Воронки поверхностного выщелачивания, связанные с растворяющей деятельностью метеорных вод; 2) Воронки провальные, образующиеся путем обрушения сводов подземных карстовых полостей; 3) Воронки просасывания, или коррозионно-суффозионные. Образуются путем вымывания и проседания рыхлых покровных отложений в колодцы и полости карстующегося цоколя, выноса частиц в подземные каналы и удаление через них во взмученном состоянии.

Крупные карстовые котловины представляют собой сдвоенные или строенные воронки (Гвоздецкий Н.А., 1981).

К подземным карстовым формам относятся различные каналы и пещеры. Самыми крупными подземными формами являются карстовые пещеры, представляющие систему горизонтальных или несколько наклонных каналов, часто сложно ветвящихся и образующих огромные залы или гроты.

Карст возникает в результате действия поверхностных и подземных вод на практически растворимые горные породы. Для того, чтобы коррозионный карстовый процесс получил развитие, необходимы определенные причины нарушения химического равновесия между действующими водами и растворяющимися породами. Условиями являются: наличие растворимых горных пород, их водопроницаемость, движущиеся воды и их растворяющая способность. Сочетание этих условий вызывает нарушение химического равновесия в системе «растворимые горные породы – вода» и возникновения и развития коррозионного процесса и образования карста. Если исключить одно из перечисленных условий, причины возникновения коррозионного процесса не будет, или если он возникнет, то быстро прекратится. Например, если порода монолитна, нетрещиновата, то ее растворение и выщелачивание могут происходить только на поверхности, не проникая вглубь (В.Д. Ломтадзе, 1977).

Под степенью закарстованности горных пород следует понимать степень нарушенности их монолитности в результате образования разнообразных пустот и полостей при



выщелачивании и растворении. Количество закарстованных пород можно оценивать относительным объемом карстовых пустот и полостей в рассматриваемом объеме горных пород:

$$З = \frac{v}{V} \cdot 100,$$

Где  $Z$  – показатель закарстованности пород (доли ед. или проценты);  $v$  – объем пустот в изучаемом объеме пород  $V$  (В. Д. Ломтадзе, 1977).

Но стоит уделить внимание тому, что показатель закарстованности пород и показатель активности карста имеют разный смысл. Показатель активности карста характеризует интенсивность развития карстового процесса (доли ед. или проценты за тысячелетие), а показатель степени закарстованности (скважность) – пустотность пород в данный момент, которая возникла в результате карстового процесса безотносительно времени образования.

Оценка степени закарстованности обычно сопряжена с определенными трудностями, так как измерить объем пустот в изучаемом объеме пород всегда сложно. Поэтому ее оценивают главным образом косвенными методами по данным: геоморфологических наблюдений; наблюдений и непосредственных замеров карстовых пустот в обнажениях; наблюдений при проходке горных выработок и буровых скважин; геофизических разведочных работ; специальных гидрогеологических и гидрологических наблюдений; опытных фильтрационных и опытных цементационных работ; наблюдений за деформациями сооружений (В.Д. Ломтадзе, 1977).

Геоморфологические наблюдения в условиях приповерхностного залегания часто дают убедительные данные. Например, число различных карстовых форм рельефа, таких как воронки, котловины, провалы и другие пустоты на единице площади территории характеризует плотность их распространения и позволяет оценивать степень закарстованности территории:

$$P = \frac{n}{F},$$

где  $P$  – показатель плотности распространения поверхностных карстовых форм на единице площади поверхности рельефа;  $n$  – число поверхностных карстовых форм;  $F$  – площадь изучаемой территории, км<sup>2</sup>.

При изучении степени закарстованности горных пород для большей надежности необходимо применять комплекс методов, что позволяет всесторонне осветить состояние карстующихся пород и соответственно оценить их устойчивость и условия строительства на них различных сооружений. При этом закарстованность горных пород и территорий можно характеризовать и оценивать как качественными, так и количественными методами (В.Д. Ломтадзе, 1977).

Наличие карста в том или ином районе и тем более в пределах определенной территории или участка всегда указывает на возможное нарушение монолитности и устойчивости пород, увеличение их водопроницаемости и очень часто большую обводненность. Поэтому проектирование и строительство разнообразных сооружений в карстовых районах и хозяйственное освоение территории всегда должны основываться на результатах более детальных инженерно-геологических исследований, чем в некарстовых районах. В материалах таких исследований со степенью деятельности, соответствующей стадии инженерных изысканий и проектирования, должны получить характеристику и оценить следующие вопросы:

1. Глубина залегания растворимых горных пород от поверхности земли, рельеф их поверхности, мощность, состав и свойства покрывающих отложений;
2. Мощность растворимых пород, степень их закарстованности, пространственное расположение поверхностных и глубинных форм карста и их влияние на устойчивость территории;
3. Активная зона проектируемых сооружений, величина распространения ее в пределы закарстованных пород, их несущие способности, а также покровных отложений;
4. Водопроницаемость и водообильность закарстованных пород, глубина залегания уровня карстовых вод и их напор при проектировании сооружений глубокого заложения, подземных и гидротехнических;
5. Интенсивность развития карста, виды, формы и частота его проявления, причины и условия, способствующие его развитию;
6. Применяемые принципы и методы строительства сооружений и обеспечения их устойчивости на основании обобщения опыта строительства и эксплуатации сооружений в рассматриваемом районе (В.Д. Ломтадзе, 1977).

На стадиях начальных и региональных исследований территорий главное внимание необходимо уделять их инженерно-геологической оценке, выявлению закарстованных участков, зон, горизонтов и предварительной оценке опасности карста для устойчивости местности и сооружений. В результате таких исследований производят инженерно-геологическое районирование территории.

Согласно СП 116.13330.2012 пункту 8 следует предусмотреть следующее:

1. Для инженерной защиты зданий и сооружений от карстообразования применяют следующие противокарстовые мероприятия или их сочетания: планировочные;

водозащитные и противofильтрационные; геотехнические (укрепление оснований); конструктивные; технологические; эксплуатационные.

2. При проектировании зданий и сооружений на закарстованных территориях следует учитывать выявленные на основе данных инженерных изысканий: тип карста, формы и механизм формирования подземных и поверхностных проявлений карста; категории устойчивости территорий относительно интенсивности образования карстовых провалов и их средних диаметров; особенности гидрологических и гидрогеологических условий; неравномерно-пониженную прочность и несущую способность закарстованных пород, покрывающих грунтов и отложений, заполняющих поверхностные и погребенные карстовые формы (воронки и т.п.);
3. Опасность возникновения и развития карстовых деформаций в толще грунтов и на земной поверхности (провалов, локальных и общих оседаний); возможность значительной активизации карстовых процессов и явлений, в том числе в результате техногенного воздействия.

По пункту 8.3.1.1 СП 116.13330.2012 противокарстовые мероприятия должны: предотвращать активизацию, а при необходимости и снижать активность карстовых и карстово-суффозионных процессов или уменьшать (сводить до минимума) его последствия; исключать или уменьшать в необходимой степени карстовые и карстово-суффозионные деформации грунтовых толщ; предотвращать повышенную фильтрацию и прорывы воды из карстовых полостей в подземные помещения и горные выработки; обеспечивать возможность нормальной эксплуатации территорий, зданий, сооружений, подземных помещений и горных выработок при допущенных карстовых проявлениях; предотвращать недопустимое загрязнение геологической среды; предотвращать недопустимые утечки из искусственных водоемов, каналов и др.

Планировочные противокарстовые мероприятия, являющиеся приоритетными при карстоопасности, должны обеспечивать рациональное использование закарстованных территорий и оптимизацию затрат на противокарстовую защиту. В состав планировочных противокарстовых мероприятий входят: специальная компоновка функциональных зон, трассировка магистральных улиц и сетей при разработке планировочной структуры с максимально возможным обходом карстоопасных участков и размещением на них зеленых насаждений; разработка инженерной защиты территорий от техногенного влияния строительства на развитие карста; расположение зданий и сооружений на менее опасных участках.

Водозащитные и противофильтрационные противокарстовые мероприятия обеспечивают предотвращение опасной активизации карста и связанных с ним суффозионных и провальных явлений под влиянием техногенных изменений гидрогеологических условий в период строительства и эксплуатации зданий и сооружений. Основным принципом проектирования водозащитных мероприятий на закарстованных территориях является максимальное сокращение инфильтрации поверхностных, промышленных и хозяйственно-бытовых вод в грунт. Не рекомендуется допускать усиления инфильтрации воды в грунт, повышения уровней подземных вод (в особенности в сочетании со снижением уровней нижележащих водоносных горизонтов), резких колебаний уровней и увеличения скоростей движения вод трещинно-карстового и вышележающих водоносных горизонтов, а также других техногенных изменений гидрогеологических условий, которые могут привести к активизации карста.

К водозащитным мероприятиям относятся: тщательная вертикальная планировка земной поверхности и устройство надежной ливневой канализации с отводом вод за пределы застраиваемых участков; мероприятия по борьбе с утечками промышленных и хозяйственно-бытовых вод, в особенности агрессивных; недопущение скопления поверхностных вод в котлованах и на площадках в период строительства, строгий контроль за качеством работ по гидроизоляции, укладке водонесущих коммуникаций и продуктопроводов, засыпке пазух котлованов; ограничение объемов откачки подземных вод.

К геотехническим мероприятиям относятся: тампонирующее карстовых полостей и трещин, обнаруженных на земной поверхности, в котлованах и горных выработках (шурфах, штольнях и т.д.); закрепление закарстованных пород и (или) вышележающих грунтов инъекцией цементационных растворов или другими способами; опирание фундаментов на надежные незакарстованные или закрепленные грунты.

С целью опирания на надежные грунты применяют: увеличение глубины заложения фундаментов, забивные или буровые сваи, другие фундаменты глубокого заложения, замену ненадежных грунтов и другие мероприятия. Эффективность осуществления геотехнических противокарстовых мероприятий проверяют бурением контрольных скважин.

Конструктивные мероприятия применяют отдельно или в комплексе с геотехническими мероприятиями. В их состав могут входить: специальные конструктивные решения фундаментов (на естественном основании - железобетонные ленты, перекрестные ленты, плиты; свайные - с прорезкой карстующейся толщи); надфундаментные и поэтажные армированные пояса; пространственные рамы.

Технологические противокарстовые мероприятия включают: повышение надежности технологического оборудования и коммуникаций, их дублирование, контроль за давлением в коммуникациях и утечками из них, обеспечение возможности своевременного отключения аварийных участков и т.д.

В состав эксплуатационных мероприятий (мониторинга) входят: постоянный геодезический контроль за оседанием земной поверхности и деформациями зданий и сооружений; наблюдения за проявлениями карста, состоянием грунтов, уровнем и химическим составом подземных вод; периодическое строительное обследование состояния зданий, сооружений и их конструктивных элементов; система автоматической сигнализации на случай появления недопустимых карстовых деформаций; устройство (и периодическое наблюдение) глубинных марок, реперов и маяков на трещинах строительных конструкций; контроль за выполнением мероприятий по борьбе с инфильтрацией поверхностных, промышленных и хозяйственно-бытовых вод в грунт, запрещение сброса в грунт химически агрессивных промышленных и бытовых вод; контроль (и ограничение) за взрывными работами и источниками вибрации (СП 116.13330.2012 п.8).

## ГЛАВА 5. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

Согласно техническому заданию на территории войсковой части планируется строительство 5-этажного здания. Для выбора оптимального типа фундамента были проведены инженерно-геологические расчеты.

### 5.1 Расчет несущей способности сваи-стойки

Несущую способность  $F_d$ , кН (тс), забивной сваи, сваи-оболочки, набивной и буровой свай, опирающихся на скальный грунт, а так же забивной сваи, опирающейся на

$$F_d = \gamma_c R A, \text{ где}$$

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

$A$  – площадь опирания на грунт сваи,  $0,3 \cdot 0,3 = 0,09 \text{ м}^2$ , принимаемая для свай сплошного сечения равной площади поперечного сечения, а для свай полых круглого сечения и свай-оболочек – равной площади поперечного сечения нетто при отсутствии заполнения их полости бетоном и равной площади поперечного сечения брутто при заполнении этой полости бетоном на высоту не менее трех ее диаметров.

$R$  – Расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи-стойки, кПа (тс/м<sup>2</sup>), следует принимать: для всех видов забивных свай, опирающихся на скальные и малосжимаемые грунты,  $R = 20\,000 \text{ кПа}$  ( $2000 \text{ тс/м}^2$ ) (СНиП 2.02.03-85; Свайные фундаменты, 1987).

Итак,  $\gamma_c = 1$ ,  $R = 2000 \text{ тс/м}^2$ ,  $A = 0,3 \cdot 0,3 = 0,09 \text{ м}^2$ .

$F_d = 1 \cdot 2000 \cdot 0,09 = 180 \text{ тс}$ , что превышает удельную расчетную нагрузку на сваю.

### 5.2 Расчет осадки ленточного фундамента методом послойного суммирования

Метод послойного суммирования базируется на использовании компрессионной кривой.

Суть метода: определение осадки по слоям в пределах глубины активной зоны. Экспериментально установлено, что глубина активной зоны формируется от места пересечения эпюры  $G_z(q)$ .

Ниже глубины активной зоны напряжения от сооружения мало, так как грунт достаточно уплотнён и ниже этой зоны не рассчитывается.

Вначале расчёта чертится литологическая колонка в масштабе с физико-механическими характеристиками. Далее строится эпюра сжимающего напряжения от веса грунта. Справа от оси  $Z$  строится та же эпюра, но уменьшенная в 5 раз. Так же справа строится эпюра сжимающего напряжения от веса сооружения. Место пересечения эпюр сжимающего напряжения от веса грунта, уменьшенная в 5 раз, и от веса сооружения дает точку на которую распространяется давление от сооружения. После определения глубины активной зоны, разбиваем её на элементарные слои и производим расчёт осадки каждого слоя по формулам. После осадки каждого слоя, все осадки суммируются и общую осадку сравнивают с допустимой осадкой сооружений по СНиП. Данные значения представляются проектировщикам в виде рекомендации.

Расчет напряжений в массиве грунта:

$$\delta = \gamma h$$

Если имеется горизонт грунтовых вод:

$$\delta_{z1} = \gamma h$$

$$\gamma_{st} = \frac{\rho_s - \rho_\beta}{1 + e}$$

$$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1$$

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + w}$$

Если имеется напорный горизонт:

$$\delta_{z\rho} = \delta_{z1} + \gamma_{st} \cdot h_2$$

$$\delta_{z1} = \rho_1 h_1 - H_H \gamma b$$

$$\delta_2 = \delta_{z1} + \rho_1 h_1 + H_H \gamma b$$

$$\delta_{z3} = \delta_{z1} + \rho_3 h_3$$

Расчёт осадки:

$$S = \beta \sum_{i=1}^n \frac{h_i * \sigma_{гр,i}}{E_i}$$

### **Исходные данные**

Нагрузка на 1 м.п. по подошве фундамента: 98,066 кПа.

Ширина фундамента: 1 м.

Толщина элементарного слоя: 0,5 м.

*Таблица. 15. Расчет осадки.*

№	ИГЭ	h, м	H, м	z, м	$m=2z/b$	$\alpha$	Бытовое давление $\sigma_{zg}$ , кПа	$0,2\sigma_{zg}$ , кПа	$\sigma_{zp}$ , кПа	S, см.
1	2		2	0	0	1	42,4	8,48	55,66	0,08
2	2	0,5	2,5	0,5	1	0,818	53	10,6	45,53	0,066
3	2	0,5	3	1	2	0,55	63,6	12,72	30,61	0,044
4	2	0,5	3,5	1,5	3	0,4155	74,2	14,84	23,13	0,034
5	3	0,5	4	2	4	0,306	85,15	17,03	17,03	0,025

**$\Sigma S=0,249$  см.**

h - толщина слоя, м.

H - расстояние от уровня планировки до низа элементарного слоя, м.

z - расстояние от подошвы фундамента до низа элементарного слоя, м.

m - коэффициент, равный  $2*z/b$ , где b - ширина фундамента.

$\alpha$  - коэффициент, принимаемый по табл.1 СНиП 2.02.01-83 «Основания зданий и сооружений».

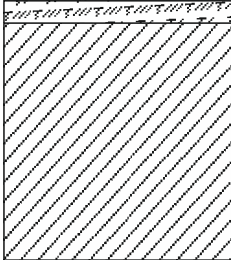

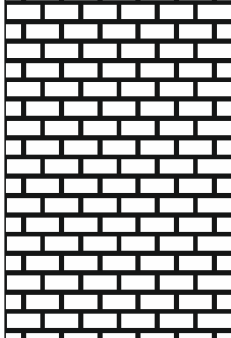
$\sigma_{zg}$  - природное давление, кПа.

$\sigma_{zp}$  - дополнительное давление, кПа.

S - осадка слоя, см.



Масштаб  
1:100

Литологический разрез	$W_e$	$\rho$	$\rho_s$
	0,188	2,12	2,7
	0,160	2,19	2,67
	0,073	2,29	2,71

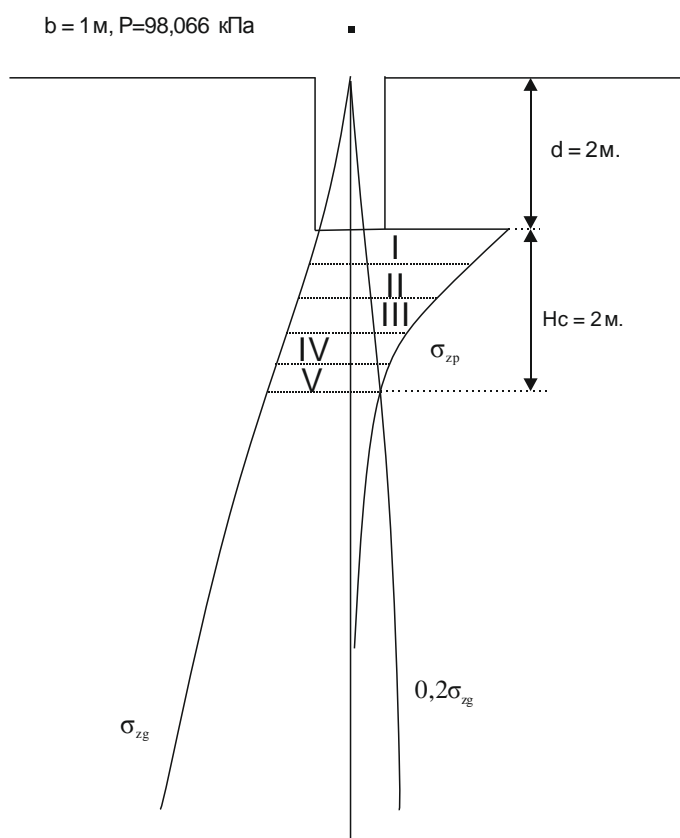


Рис.9. Расчётная схема осадки по скважине 6.

Расчетное значение осадки сооружения войсковой части 0,249 см, которые не превышают допустимые значения осадки по СНиП 22.13330.2011.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. В геологическом строении территории принимают участие четвертичные и каменноугольные отложения. Четвертичные отложения представлены современными техногенными образованиями и верхнечетвертичными ледниковыми суглинками. Каменноугольная система представлена дресвяными элювиальными отложениями и известняками.

2. В пределах участка реконструкции и проектируемого строительства по разрезу было выделено 4 ИГЭ, характеризующихся комплексом физико-механических характеристик.

3. В гидрогеологическом отношении участок работ характеризуется наличием одного безнапорного водоносного горизонта, приуроченного к трещиноватым известнякам.

4. На рассматриваемой территории возможно проявление таких опасных геологических процессов как морозное пучение, карстовые процессы и подтопление, что необходимо учитывать при проведении строительных работ.

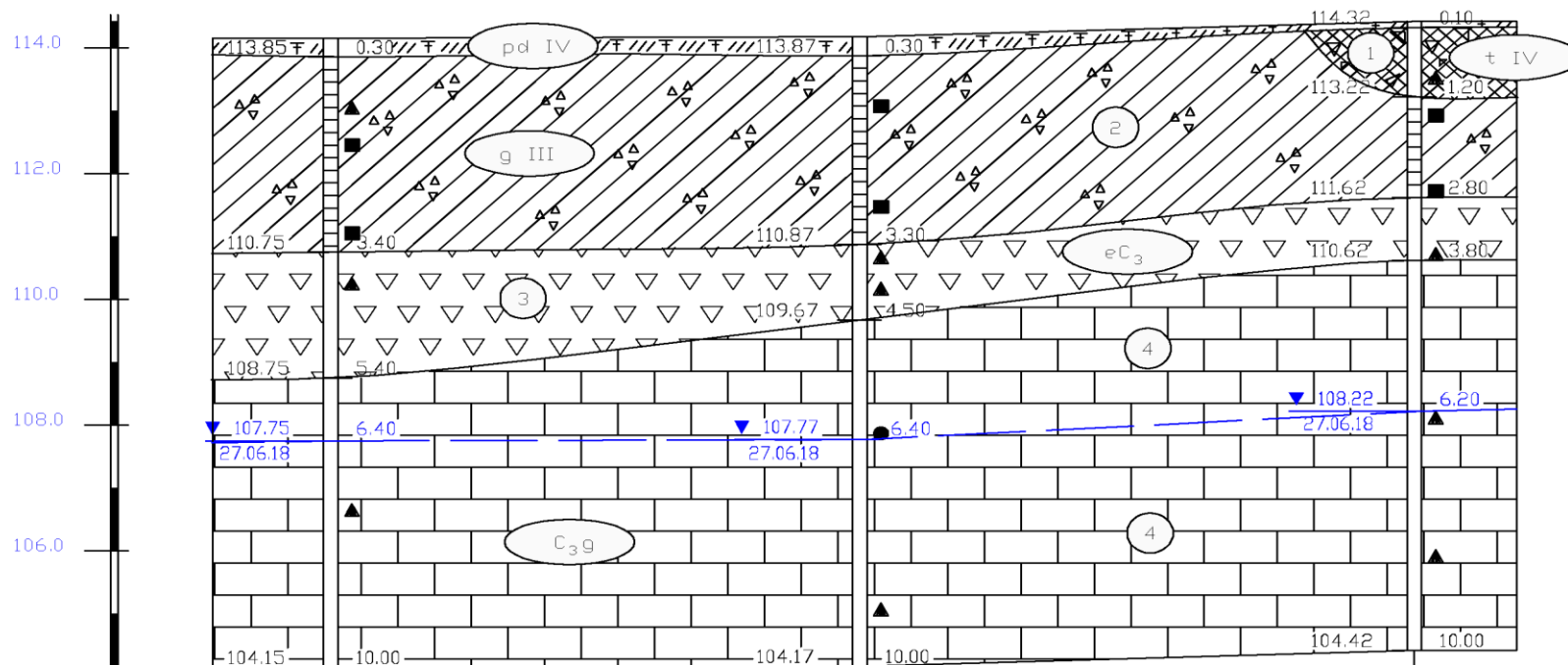
5. Инженерно-геологические расчеты показали возможность и целесообразность устройства фундамента ленточного типа для данного вида сооружения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балугев А.С, Журавлев В. А., Терехов Е.Н., Пржиялговский Е.С. Тектоника Белого моря и прилегающих территорий. М.: ГЕОС, 2012 г. 104 стр
2. Гвоздецкий Н.А. Карст. М.: Изд-во «Мысль», 1981.- 214 стр.
3. Заричева А.И Геология СССР, том 2. М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, 1963 г. 1100 стр.
4. Ломтадзе В. Д., Инженерная геология, Инженерная геодинамика. Л., «Недра», 1977, 479 стр.
5. Савинов Ю.А. Четвертичная геология Севера Русской Равнины., Издательство Ленинградского университета, 1971 г.,189 стр.
6. Сидоренко А.В. Гидрогеология СССР том 44. М.: Недра, 1969 г. 300 стр.
7. Толмачев В .В., Ройтер Ф. Инженерное карстоведение. - М.: Недра, 1990 г., 151 стр.
8. Отчет: «Реконструкция солдатской казармы войсковой части 22994 пл.111У в г. Мирный Архангельской области», ООО «НТЦ «Эталон», 2018
9. СНиП 2.02.03-85; Свайные фундаменты, 1987
10. СНиП 2.02.01-83 «Основания зданий и сооружений
11. СНиП 22-01-95
12. СП 11-105 -97 (Часть 2)
13. СП 22.13330.2011
14. ГОСТ 25100-2011
15. ГОСТ 20522-2012
16. СП 116.13330.2012
17. СП 14.13330.2014
18. [http://trasa.ru/region/arhangelskaya\\_clim.html](http://trasa.ru/region/arhangelskaya_clim.html)
19. Google Earth Pro
20. <http://webmapget.vsegei.ru/index.html>

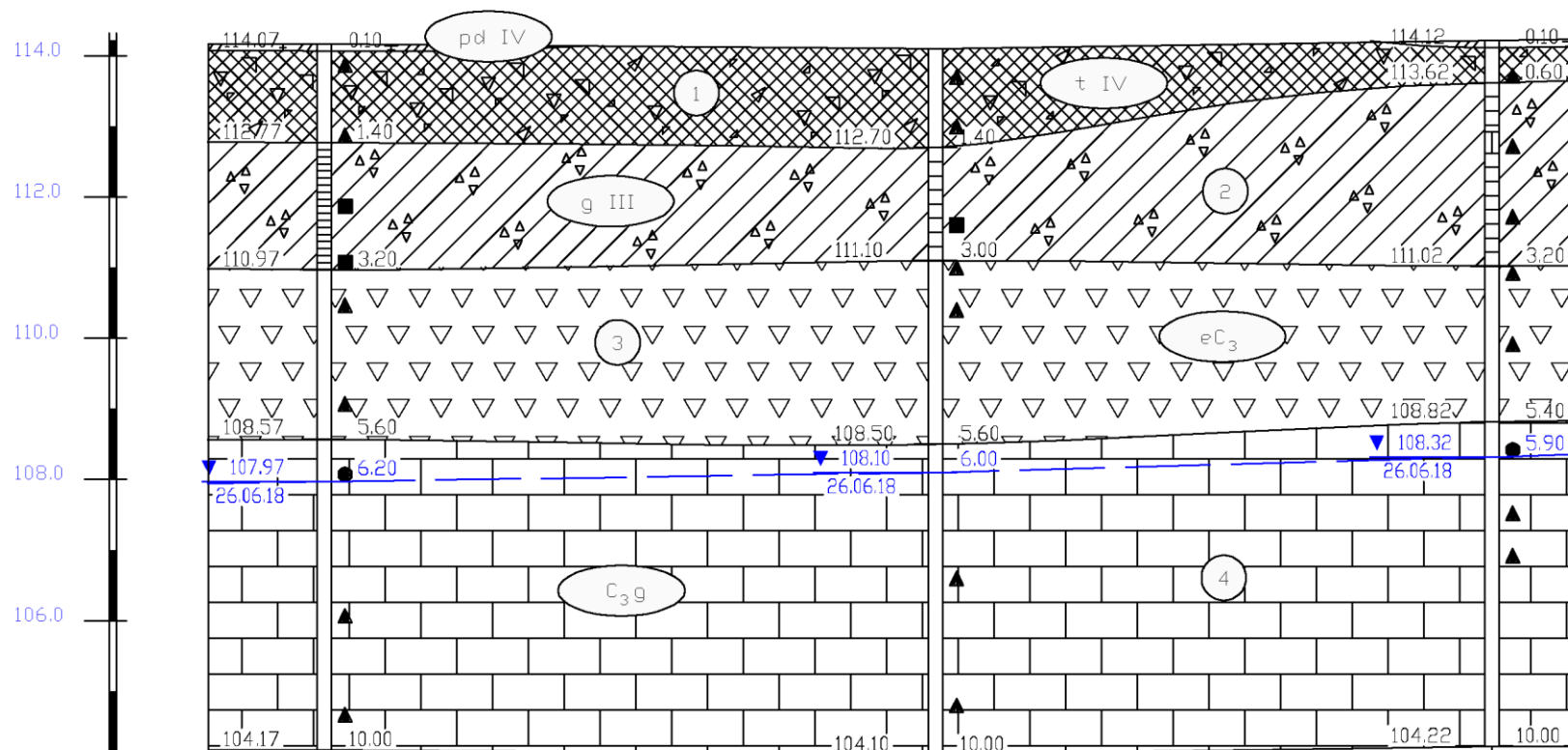
# Приложение 1

## Инженерно-геологический разрез и условные обозначения



Масштабы :  
гориз. 1:500  
верт. 1:100

Номер скважины	C-6	C-5	C-4
Отметка устья, м	114.15	114.17	114.42
Расстояние, м	36.50	38.50	10.00



Масштабы :  
гориз. 1:500  
верт. 1:100

Номер скважины	C-1	C-2	C-3
Отметка устья, м	114.17	114.10	114.22
Расстояние, м	43.50	39.50	

# Условные обозначения

## а. Литологические

	Почвенно-растительный слой.
	Насыпные грунты слезавшиеся: суглинки коричнево-серый, легкие, пылеватые, полутвердые, с включением строительного мусора. Срок отсыпки более 5 лет.
	Суглинки серо-коричневые, легкие, пылеватые, полутвердые, с включением щебня и дресвы кристаллических пород до 15%, с прослоями песка 1-2%.
	Известняк доломитистый светло-серый, низкой прочности, сильновыветрелый до состояния щебня и дресвы, с супесчаным заполнителем.
	Известняки доломитистые светло-серые, мелкокристаллические, средней прочности, с редкими прослоями мергеля, трещиноватый.

## б. Стратиграфические

### Современные отложения QIV

- пролювиально-делювиальные отложения

- техногенные образования

### Верхнечетвертичные отложения QIII

- ледниковые отложения

### Верхнекарбоновые отложения C3

- элювиальные отложения

- отложения гжельского яруса

## в. Границы

- литологическая граница  
 - стратиграфическая граница

## г. Прочие

номер инженерно-геологического элемента

### Место отбора пробы и ее номер

- грунта нарушенной структуры
- грунта ненарушенной структуры
- воды

### Скважина

справа: отм. подошвы слоя (забоя)

слева: глубина подошвы слоя

Обозначение грунта	Консистенция глинистых грунтов		Степень влажности песков
	глины и суглинки	супеси	
	твердая	твердая	мало влажные
	полутвердая	-	-
	тугопластичная	-	-
	мягкопластичная	пластичная	влажные
	текучепластичная	-	-
	текучая	текучая	насыщенные водой

Инженерно-геологические колонки:

Наименование : С-1 Отметка устья : 114.17 м Пробурена: 25-26.06.2018 г      Общая глубина : 10.00 м								
Геологический индекс	Мощность слоя, м	Глубина слоя, м	Абс. отметка подошвы слоя, м	Геолого-литологический разрез	Наименование пород и их характеристика	Уровень подземных вод		Глубина отбора образцов
						Дата замера		
						Появляется	Устанавливается	
<i>pd IV</i>	0.10	0.10	114.07		Почвенно-растительный слой			▲
<i>t IV</i>	1.30	1.40	112.77		Насыпной грунт представлен суглинком коричневатого-серым, легким, пылеватым, полутвердым, с включением строительного мусора до 20%.			▲
<i>g III</i>	1.80	3.20	110.97		Суглинок серо-коричневый, легкий, пылеватый, твердый, с включением щебня и дресвы кристаллических пород до 15%, с прослойкой песка до 1-2%.			▲
<i>eC<sub>3</sub></i>	2.40	5.60	108.57		Известняк доломитистый светло-серый, низкой прочности, сильноветревший до состояния щебня и дресвы, с супесчаным заполнителем.			▲
						6.20 25.06.18	6.20 26.06.18	●
<i>C<sub>3g</sub></i>	4.40	10.00	104.17		Известняк доломитистый светло-серый, микрокристаллический, средней прочности, с редкими прослоями мергеля, трещиноватый с глубины 6,4м светло-серый плотный, с глубины 6,2м насыщенный водой.			▲

Наименование : С-2

Отметка устья : 114.10 м

Пробурена: 25-26.06.2018 г

Общая глубина : 10.00 м

Геологический индекс	Мощность слоя, м	Глубина слоя, м	Абс. отметка подошвы слоя, м	Геолого-литологический разрез	Наименование пород и их характеристика	Уровень подземных вод		Глубина отбора образцов
						Дата замера	Дата замера	
						появляется	устанавливается	
<i>t IV</i>	1.40	1.40	112.70		Насыпной грунт представлен суглинком коричнево-серым, легким, пылеватым, полутвердым, с включением строительного мусора до 20%.			▲ ▲
<i>g III</i>	1.60	3.00	111.10		Суглинок серо-коричневый, легкий, пылеватый, полутвердый, с включением щебня и дресвы кристаллических пород до 15%, с прослойкам песка до 1-2%.			2 ■ ▲ 4
<i>eC<sub>3</sub></i>	2.60	5.60	108.50		Известняк доломитистый светло-серый, низкой прочности, сильновыветрелый до состояния щебня и дресвы, с супесчаным заполнителем.			
<i>C<sub>3g</sub></i>	4.40	10.00	104.10		Известняк доломитистый светло-серый, микрокристаллический, средней прочности, с редким прослоями мергеля, трещиноватый с глубины 6,2м светло-серый плотный, с глубины 6,0м насыщенный водой.	6.00 25.06.18	6.00 26.06.18	6 ▲ 8 ▲



Наименование : С-3

Отметка устья : 114.22 м

Пробурена: 25-26.06.2018 г

Общая глубина : 10.00 м

Геологический индекс	Мощность слоя, м	Глубина слоя, м	Абс. отметка подошвы слоя, м	Геолого-литологический разрез	Наименование пород и их характеристика	Уровень подземных вод		Глубина отбора образцов
						Дата замера		
						появляется	устанавливается	
<i>pd IV</i>	0.10	0.10	114.12		Почвенно-растительный слой			▲
<i>t IV</i>	0.50	0.60	113.62		Насыпной грунт представлен суглинком коричнево-серым, легким, пылеватым, полутвердым, с включением строительного мусора до 20%.			▲
<i>g III</i>	2.60	3.20	111.02		Суглинок серо-коричневый, легкий, пылеватый, полутвердый, в интервале 1,3-1,6м тугопластичный, с включением щебня и дресвы кристаллических пород до 15%, с прослойкам песка до 1-2%.			▲
<i>eC<sub>3</sub></i>	2.20	5.40	108.82		Известняк доломитистый светло-серый, низкой прочности, сильноветрелый до состояния щебня и дресвы, с супесчаным заполнителем.			▲
<i>C<sub>3g</sub></i>	4.60	10.00	104.22		Известняк доломитистый светло-серый, микрокристаллический, средней прочности, с редким прослоями мергеля, трещиноватый с глубины 6,2м светло-серый плотный, с глубины 5,9м насыщенный водой.	5.90 25.06.18	5.90 26.06.18	●

Наименование : С-4

Отметка устья : 114.42 м

Пробурена: 26-27.06.2018 г

Общая глубина : 10.00 м

Геологический индекс	Мощность слоя, м	Глубина слоя, м	Абс. отметка подошвы слоя, м	Геолого-литологический разрез	Наименование пород и их характеристика	Уровень Подземных вод		ГЛУБИНА ОТБОРА ОБРАЗЦОВ
						Дата замера		
						появляется	устанавливается	
<i>pd IV</i>	0.10	0.10	114.32		Почвенно-растительный слой			
<i>t IV</i>	1.10	1.20	113.22		Насыпной грунт представлен суглинком коричнево-серым, легким, пылеватым, полутвердым, с включением строительного мусора до 20%.			▲ ■ 2
<i>g III</i>	1.60	2.80	111.62		Суглинок серо-коричневый, легкий, пылеватый, полутвердый, с включением щебня и дресвы кристаллических пород до 15%, с прослойкам песка до 1-2%.			■ 4
<i>eC<sub>3</sub></i>	1.00	3.80	110.62		Известняк доломитистый светло-серый, низкой прочности, сильноветрелый до состояния щебня и дресвы, с супесчаным заполнителем.			▲ 6
						6.20 26.06.18	6.20 27.06.18	▲ 8
<i>C<sub>3g</sub></i>	6.20	10.00	104.42		Известняк доломитистый светло-серый, микрокристаллический, средней прочности, с редким прослоями мергеля, трещиноватый с глубины 6,4м светло-серый плотный, с глубины 6,2м насыщенный водой.			▲

Наименование : С-5

Отметка устья : 114.17 м

Пробурена: 26-27.06.2018 г

Общая глубина : 10.00 м

Геологический индекс	Мощность слоя, м	Глубина слоя, м	Абс. отметка подошвы слоя, м	Геолого-литологический разрез	Наименование пород и их характеристика	Уровень подземных вод		Глубина отбора образцов
						Дата замера	Дата замера	
						появляется	устанавливается	
<i>pd IV</i>	0.30	0.30	113.87		Почвенно-растительный слой			
<i>g III</i>	3.00	3.30	110.87		Суглинок серо-коричневый, легкий, пылеватый, полутвердый, с включением щебня и дресвы кристаллических пород до 15%, с прослойкам песка до 1-2%.			2
<i>eC<sub>3</sub></i>	1.20	4.50	109.67		Известняк доломитистый светло-серый, низкой прочности, сильноветрелый до состояния щебня и дресвы, с супесчаным заполнителем.			4
<i>C<sub>3g</sub></i>	5.50	10.00	104.17		Известняк доломитистый светло-серый, микрокристаллический, средней прочности, с редким прослоями мергеля, трещиноватый с глубины 6,6м светло-серый плотный, с глубины 6,4м насыщенный водой.	6.40 26.06.18	6.40 27.06.18	6 8

Наименование : С-6

Отметка устья : 114.15 м

Пробурена: 26-27.06.2018 г

Общая глубина : 10.00 м

Геологический индекс	Мощность слоя, м	Глубина слоя, м	Абс. отметка подошвы слоя, м	Геолого-литологический разрез		Наименование пород и их характеристика	Уровень подземных вод		Глубина отбора образцов
							Дата замера		
							появляется	устойчивается	
<i>pd IV</i>	0.30	0.30	113.85			Почвенно-растительный слой			
<i>g III</i>	3.10	3.40	110.75			Суглинок серо-коричневый, легкий, пылеватый, полутвердый, с включением щебня и дресвы кристаллических пород до 15%, с прослойкам песка до 1-2%.			2
<i>eC<sub>3</sub></i>	2.00	5.40	108.75			Известняк доломитистый светло-серый, низкой прочности, сильноветрелый до состояния щебня и дресвы, с супесчаным заполнителем.			4
<i>C<sub>3g</sub></i>	4.60	10.00	104.15			Известняк доломитистый светло-серый, микрокристаллический, средней прочности, с редким прослоями мергеля, трещиноватый с глубины 5,8м светло-желтый плотный, с глубины 6,4м насыщенный водой.	6.40 26.06.18	6.40 27.06.18	6 8