МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УДМУРТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт естественных наук

Кафедра географии, картографии и геоинформатики

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему

«Геолого-геоморфологическая характеристика Ельниковского месторождения»

Работу выполнил
студент группы ОМ-05.04.02.02-21(24)
Сократов Илья Александрович/_____

Научный руководитель
к.п.н., доцент ГКиГ
Лобыгин А.Н./_____

Заведующий кафедрой
к.г.н., доцент
Сидоров В.П

_____
(решение о допуске)

_____
подпись

«____» _____ 20____г.

ВКР УдГУ

Ижевск - 2026 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

ГЛАВА 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ 4

1.1. Содержание и методика геолого-геоморфологических исследований 4

1.2. Общая физико-географическая характеристика территории исследований. 7

ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ 26

ГЛАВА 3. ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ИССЛЕДОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ 34

3.1. Геолого-геоморфологические условия территории 34

3.2. Гидрогеологические условия территории. 40

3.3. Свойства грунтов 43

3.4 Геологические процессы 44

3.5. Прогноз изменения геологических условий 47

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 50

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 51

ПРИЛОЖЕНИЯ

ВКР УлГУ

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы обусловлена необходимостью комплексного изучения геолого-геоморфологических условий Ельниковского месторождения для оптимизации его освоения и минимизации воздействия на окружающую среду. Месторождение представляет собой уникальный объект с точки зрения сочетания тектонических, литологических и рельефообразующих факторов, что требует детального анализа для решения прикладных задач рационального недропользования и геоэкологического мониторинга.

Цель работы – выявить и систематизировать геолого-геоморфологические особенности Ельниковского месторождения, определить их влияние на пространственную организацию территории.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- проанализировать геологическое строение и стратиграфию района;

- охарактеризовать рельеф и современные геоморфологические процессы;

- выявить взаимосвязи между геологическим фундаментом и формами рельефа;

- оценить инженерно-геологические условия территории.

Объект исследования – Ельниковское месторождение, предмет – его геолого-геоморфологическая структура и динамика.

Методологическую основу составляют полевые маршрутные наблюдения, анализ фондовых геологических материалов, дешифрирование космических снимков и картографическое моделирование.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования полученных данных при планировании горнотехнических работ, рекультивации нарушенных земель и разработке схем природоохранных мероприятий.

ВКР УлГУ

ГЛАВА 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ

1.1. Содержание и методика геолого-геоморфологических исследований

Геолого-геоморфологические работы - представляют собой комплекс исследований, состоящие из различных методик изучения геологии и геоморфологии. Эти исследования проводятся с целью всестороннего изучения рельефа и его взаимосвязи с геологическим строением земной поверхности. Они дают понимание в каких условиях и каким образом сформировался рельеф, так же что на него может повлиять в будущем.

Данные исследования охватывают широкий спектр задач, как прикладного, так и научного характера, такие как:

- Строительство. Строительство зданий, дорог, гидротехнических сооружений требует информации об устойчивости подстилающей поверхности, гидрогеологическом режиме и опасных геологических процессах.

- Поиск полезных ископаемых. Определенный ряд полезных ископаемых связан с определенными формами рельефа. Например, антиклинальные складки и предгорные краевые прогибы для месторождений нефти, синеклизы и шельфы морей для газовых месторождений.

- Характер опасных геологических процессов. Для разработки мер инженерной защиты от опасных природных явлений таких как: оползни, карст, сели, подтопления, абразия берегов. Необходимо изучить территорию на возможность появления этих опасных явлений.

- Территориальное планирование. Анализ изученной территории может позволить рационально расположить необходимые объекты как инфраструктуры, так и промышленности. К которым относятся объекты сельского хозяйства и промышленности, организация объектов рекреации и туризма, создание санитарно-защитных зон, особо охраняемых территорий.

ВКР УлГУ

- Экологическая оценка. Оценка устойчивости ландшафта к антропогенному воздействию, разработка проектов по восстановлению угнетенных земель.

- Гидрогеологические задачи. Поиск и расчет запасов подземных вод, источников их питания и возможность использования в хозяйстве, быту и промышленности.

- Научные цели. Реконструкция истории формирования территории, палеогеографической среды, изменения климата.

Этапы и содержание работ:

Геолого-геоморфологические работы имеют поэтапный характер с постепенным углублением и уточнением информации.

1. Подготовительный этап. Необходимо собрать и систематизировать данные по необходимой территории. Изучаются топографические и геологические карты, аэрофотоснимки и космоснимки, отчеты изысканий прошлых лет, климатические показатели. На основании данных материалов составляется программа работ, в которой прописываются задачи, методы исследования, бюджет и объем необходимых исследований.
2. Полевые исследования. На этом этапе собираются основные данные, к которым относятся:

- Топографическая съемка. На основании которой составляется подробная картосхема со всеми необходимыми данными (высоты, рельеф, объекты коммуникаций, постройки, объекты ландшафта). На карту наносятся формы рельефа (долины рек, террасы, склоны, водоразделы и овраги).

- Бурение скважин. Позволяет изучить геологическое строение на необходимую глубину: для проектирования на глубину заложения фундамента или трубы, для поиска нефти на сотни метров.

- Гидрогеологические наблюдения. Поиск и изучение выходов подземных вод. Измерения уровня грунтовых вод при бурении скважин. Изучение болотистых участков.

ВКР УлГУ

- Геофизические методы. Методы для получения информации о недрах без бурения, выделяют несколько видов:

1) Сейсморазведка – изучение слоев по скорости прохождения упругих волн. Применяется для поиска полезных ископаемых, до 80 км.

2) Электроразведка – изучение электропроводности грунтов. Позволяет установить свойства грунтов их коррозионные свойства для проектирования.

3) Магниторазведка – выявление магнитных аномалий, связанных с рудными телами. Применяется для поиска полезных рудных ископаемых.

4) Гравиразведка – выявляет дифференциацию слоев по плотности, на основе силы тяжести, которая отражается в гравитационном поле.

3. Лабораторные исследования. Отобранные при полевых работах образцы поступают в лабораторию, для дальнейших испытаний для точного установления характеристик, так как в полевых условиях это сделать невозможно. К лабораторным исследованиям относятся:

- определение гранулометрического состава, определения размера и доли содержания частиц в рыхлых породах (глина, песок, суглинок, супесь).

- минералогический анализ для выявления минералогического состава, кристаллической структуры и других характеристик.

- петрографический анализ определяет точный состав породы, текстуру и структуру, обнаружение органических остатков для определения возраста породы на основе литого-фациального анализа.

- физико-механические испытания для определения прочностных свойств грунтов, на основе которых принимаются проектные решения.

- химический анализ воды определяет минеральный состав и агрессивность к строительным материалам.

- методы датирования используют для определения возраста породы путем радиоуглеродного анализа, калий-аргонового и термолюминисцентого анализа.

4. Камеральная обработка данных. Необходимо систематизировать собранные данные, на основе которых строятся геологические профили,

ВКР УлГУ

отображающие взаимосвязь рельефа с геологическим строением, геоморфологические карты отображающие основные формы рельефа с их возрастом и генезисом.

В состав камеральной обработки входит написание отчета, который содержит в себе:

- текстовую часть, состоящую из описания методик выполнения исследований, результатов полевых и лабораторных испытаний, а также вывода и рекомендаций по расположению того или иного объекта на изучаемой территории и способов его инженерной защиты;

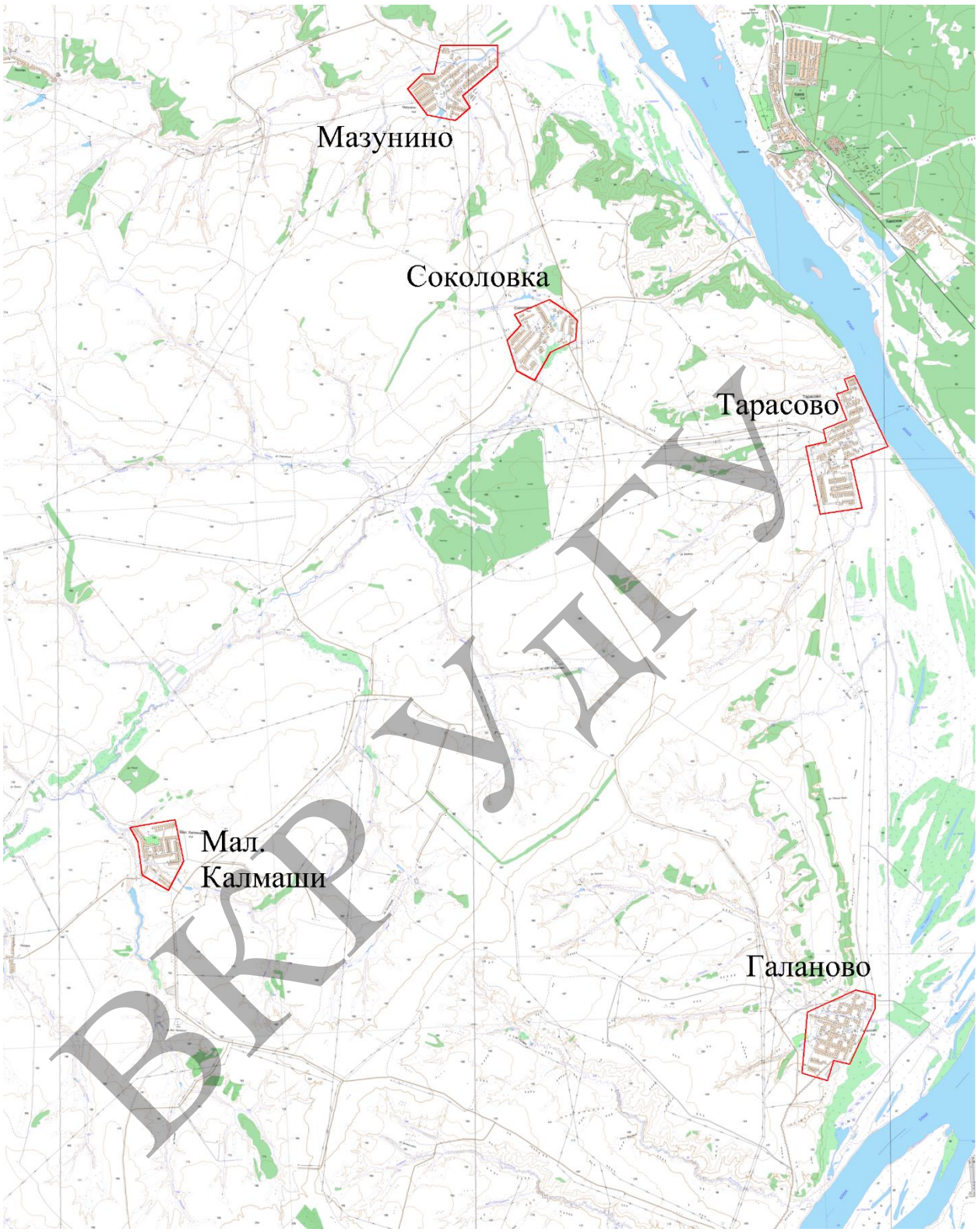
- графическую часть, состоящую из геологических профилей, карт, фотографий, диаграммы и таблицы с результатами испытаний;

- прогнозы развития опасных инженерно-геологических процессов под антропогенным воздействием на среду, и геологических процессов способных воздействовать на проектируемые сооружения.

1.2. Общая физико-географическая характеристика территории исследований.

В качестве исследуемой территории было выбрано Ельниковское месторождение нефти Удмуртской республики, которое находится на юго-востоке Удмуртской республики. На правом берегу Камы, на исследуемой территории берет свое начало река Кырыкмас. В орографическом отношении принадлежит Сарапульской возвышенности. Рельеф холмистый расчленен оврагами и ручьями. Территория месторождения по большей части находится в юго-восточной части Сарапульского района и в северо-восточной части Каракулинского района, окрестности деревень Соколовка, Тарасово и Малые Калмаши. Ближайшие крупные города на востоке Нефтекамск в 20 км, на севере Сарапул в 23 км.

ВКР УдГУ



ВКР УДГУ

Рисунок 1. Карта исследуемой территории.

Климат исследуемой территории умеренно-континентальный с многоснежной умеренно холодной зимой и теплым летом, четко выражены переходные времена года весна и осень.

Таблица 1.

Данные метеонаблюдений метеостанции в г. Сарапул

Параметр	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Температура воздуха, °С	-11,8	-11,0	-4,2	4,7	13,0	17,5	19,6	17,1	11,1	4,1	-3,9	-9,8	3,9
Количество осадков, мм	42,8	31,9	34,1	30,5	47,0	63,8	63,3	66,2	51,0	55,2	47,6	42,1	575,5

Самый холодный месяц в году – январь со среднегодовой температурой – 11,8 ºС, самый теплый месяц июль +19,6ºС. Абсолютный максимум составил +38,3ºС, абсолютный минимум -48,3 ºС. (1936-2021 гг.).

Годовая сумма осадков за многолетний период равна 575,5 мм. Наибольшее количество осадков выпадает в июле-сентябре, наименьшее – в феврале, марте.

В соответствии с таблицей Б.1 СП 131.13330.2025 [15] территория по среднемесячным температурам в январе и июле относится к климатическому подрайону IIВ.

Согласно СП 50.13330.2024 [16] участок изысканий находится в сухой зоне влажности.

В геоморфологическом отношении исследуемая территория принадлежит восточной части Русской платформы. В пределах Сарапульской возвышенности, которая представляет собой увалистую денудационную равнину, расчлененную овражно-балочной сетью.

Район исследования располагает густой речной сетью, относящейся к бассейну р. Кама. Река Кама ограничивает область возвышенностей юга Удмуртии с востока и юго-востока, имеет асимметричную, хорошо разработанную долину шириной 10 – 12 км, с крутым правым склоном,

ВКР УдГУ

выраженной поймой и четырьмя надпойменными террасами по левобережью. Ширина русла колеблется от 350 до 1200 м. В пределах Удмуртии р. Кама зарегулирована Воткинским и Нижнекамским водохранилищами. Из крупных рек области можно выделить Кырыкмас и Кама. Питание всех рек смешанное с преобладанием снегового. Характерные черты режима рек данной области: высокое весеннее половодье, межень наблюдается лето м и зимой. Наибольший расход воды в период весеннего половодья, наименьший в период зимней межени. Устойчивый ледостав в зимнее время обуславливается холодным и продолжительным характером сезона. Вода в реках замерзает во второй половине ноября, ледоход начинается в начале апреля. Минерализация воды в реках составляет 0,2-0,5 г/л. По гидрохимической классификации реки относятся к рекам с гидрокарбонатными водами.

Почвенный покров разнообразен, включает в себя: дерново-слабоподзолистые, серые лесные, дерново-карбонатные. На которых расположена подзона широколиственно-хвойных лесов. Преобладают ельники сложные. К ели здесь присоединяются пихта, липа, клен, вяз. В подлеске преобладают жимолость, черемуха, рябина, местами бузина. Залесенность территории области неравномерная. Животный мир представлен видами характерными для подзоны смешанных темнохвойно-широколиственных лесов.

Обследованная территория расположена в северо-восточной части Волго-Камской антеклизы, в пределах восточного склона Северного (Кукморского) купола Татарского свода и прилегающей к нему части Верхнекамской впадины. Здесь выделяются два комплекса пород. Нижний комплекс – кристаллический фундамент, сложенный интенсивно дислоцированными метаморфическими и изверженными породами архея и нижнего протерозоя. Поверхность кристаллического фундамента, в общем, наклонена на восток и северо-восток в сторону центральной части Верхнекамской впадины. Абсолютные отметки залегания поверхности

ВКР УдГУ

фундамента изменяются от –1500 м на юго-западе до –5000 м на востоке. Характер рельефа поверхности фундамента обусловлен его блоковым строением. Серия глубинных разломов северо-восточного (Нижнекамского) и северо-западного (Бирско-Верхнекамского) простирания разделяет фундамент на отдельные блоки, в различной степени, осложненные дизъюнктивными нарушениями более мелкого порядка. Верхний комплекс – осадочный чехол, представленный залегающими почти горизонтально верхнепротерозойскими, палеозойскими и кайнозойскими отложениями, образовавшимися в платформенных условиях.

Ниже приводится описание отложений пермской, неогеновой и четвертичной систем, залегающих первыми от поверхности и обусловивших инженерно-геологическое строение рассматриваемой территории. Отложения пермской и четвертичной систем выходят на дневную поверхность. Неогеновые отложения, выполняют погребенные долины палеорек.

Для описания стратиграфического строения использовались материалы геологических и гидрогеологических съемок масштаба 1:200000. [4;11-14]

Пермская система

Отложения пермской системы развиты повсеместно в пределах обследованной территории. На дневную поверхность выходят отложения только уфимского, казанского и татарского ярусов.

Уфимский ярус (P_{2uf}) подразделяется на соликамский и шешминский горизонты. Мощность яруса изменяется от 74 до 162 м. На дневную поверхность выходят отложения только шешминского горизонта в долинах рек Иж, Варзи, Варзинка.

Шешминский горизонт залегает с размывом на соликамском и стерлитамакском горизонтах. Нижняя граница горизонта проводится отчетливо по смене лагунно-морских глинисто-карбонатных соликамских или морских карбонатных стерлитамакских отложений континентальными красноцветными шешминскими отложениями.

ВКР УдГУ

Шешминский горизонт представлен песчаниками (составляющими 52 – 61% суммарной мощности горизонта), глинами (15 – 27%) и алевролитами (18 – 31%). По литолого-петраграфическому составу в разрезе выделены три пачки пород.

Нижняя, песчаниково-алевритово-глинистая пачка, мощностью от 8 до 37 м сложена песчаниками (составляющими в среднем 34% разреза), алевролитами (в среднем 33%), глинами (в среднем 32%) с резко подчиненными прослоями известняков и доломитов. Пачка характеризуется преобладанием мелководно-озерных фаций темной окраски, повышенной известковистостью и доломитностью, слабой загипсованностью, тонкослоистой текстурой слагающих её пород. Литолого-фациальный состав пачки весьма непостоянен.

Средняя, песчаниково-алевролитовая пачка, мощностью от 48 до 55 м, сложена песчаниками (составляют в среднем 38% разреза), алевролитами (в среднем 37%) и глинами (в среднем 24%). Пачка характеризуется широким распространением мелководно-озерных и аллювиально-дельтовых фаций, яркой окраской, сравнительно низкой карбонатностью, преобладанием неяснослоистых текстур, слагающих её пород. Для пачки характерна интенсивная загипсованность, приуроченная, главным образом, к верхней части разреза.

Верхняя, песчаниковая пачка, мощностью от 4 до 41 м, сложена песчаниками (составляют в среднем 60% разреза), алевролитами (в среднем 22%) и глинами (в среднем 7%), с подчиненными прослоями известняков, доломитов, гипсов. Для пачки характерно преобладание дельтовых и русловых фаций, иногда слагающих весь разрез пачки, неравномерная интенсивная загипсованность, изменчивость литолого-фациального состава и мощности. Литологические разности пород шешминского горизонта однотипны. Описание их приводится совместно для всех пачек.

Песчаники зеленовато-серые, серые, коричневато-серые, полимиктовые, среднесортированные, глинистые. Преобладают тонкослоистые и

ВКР УлГУ

неяснослоистые разности. Цемент песчаников поровый, карбонатно-глинистый, значительно реже песчаники сцементированы кальцитовым и гипсовым базальным цементом. Песчаники образуют прослои мощностью до 3 м и переслаиваются с алевролитами и глинами. Для верхней и, частично, для средней пачек характерны песчаники, выполняющие палеоэрозионные врезы амплитудой до 15 м. Песчаники преимущественно мелкозернистые, грубеющие к основанию врезов, плохо сортированные, косослоистые, часто с линзами и прослоями конгломератов мощностью до 1 м, состоящих из галек местных пород (глин, алевролитов, мергелей, известняков), сцементированных песчано-кальцитовым и кальцитовым цементом.

Алевролиты коричневые, красновато-коричневые, коричневато-серые, плотные, глинистые, в верхней части разреза часто песчанистые, известковистые, прослоями доломитистые, неясно- или тонкослоистые. Мощность прослоев алевролитов достигает 5 м.

Глины коричневые, темно-коричневые, красновато- и коричневато-серые, аргиллитоподобные, алевритистые, реже жирные. Глины неяснослоистые, реже тонкослоистые, иногда с обильными остатками раковин остракод. Мощность прослоев глин достигает 4 м. Мергели, известняки и доломиты встречаются в виде прослоев мощностью до 0.5 м, в отдельных разрезах нижней и верхней пачек. Гипс в виде цемента, кристаллов, гнезд и прожилков обычен в породах средней и верхней пачек шешминского горизонта.

Отложения казанского яруса (P2kz) выходят на поверхность в области поднятий Кукморского выступа. Мощность отложений увеличивается в восточном направлений от 70 – 80 м до 230 – 250 м. Представлены они морскими и лагунно-морскими сероокрашенными карбонатными породами и прибрежно-континентальными, в основном, красноцветными образованиями. Отложения казанского яруса подразделяется на нижний и верхний подъярусы.

Отложения нижнеказанского подъяруса (P2kz1) развиты в пределах водораздельных пространств и на крутых склонах долин рек Ерыкса, Юрашка,

ВКР УлГУ

Тойма, Варзи, Варзинка и на правом склоне долины р. Камы. Залегают на размытой поверхности шешминского горизонта. Нижняя граница подъяруса проводится отчетливо по смене шешминских красноцветных песчано-глинисто-алевролитовых, часто интенсивно загипсованных пород сероцветными карбонатно-глинистыми с остатками морской фауны пород казанского яруса. В состав нижнеказанских отложений входят глины аргиллитоподобные (составляют в среднем 27% разреза), песчаники серые, полимиктовые, от мелко- до крупнозернистых (в среднем 32%), алевролиты коричневые, глинистые (в среднем 31%), мергели, известняки серые, пелитоморфные (в среднем 10%). Характерно ритмичное строение разреза, в основании ритмов залегают линзы песчаников и конгломератов. Мощность подъяруса 85 – 130 м. На юго-западе республики нижнеказанский подъярус представлен сероцветными породами прибрежно-морских фаций: глинами и известняками мощностью до 25 м с богатой фауной спириферид. К востоку и северо-востоку сероцветные породы уступают место красноцветным континентальным образованиям – алевролитам и песчаникам с прослойками глин и аргиллитов.

Отложения верхнеказанского подъяруса (P_{2kz2}) имеют более широкое распространение по сравнению с вышеописанными. На поверхность они выходят на водоразделах и на склонах долин крупнейших рек обследованной территории. Нижняя граница подъяруса проводится по подошве русловых или дельтовых песчаников, залегающих с размывом на мелко-озерных глинисто-алевролитовых породах нижнеказанского подъяруса. Мощность отложений составляет около 200 м. Представлены они глинами коричневыми, песчаниками серыми полимиктовыми, среднезернистыми, алевролитами коричневыми, гравелитами и конгломератами зелено-серыми с обломками местных и уральских пород, мергелями серыми пелитоморфными.

В разрезе верхнеказанского подъяруса по характеру ритмичности и наличию перерывов в осадконакоплении выделяются четыре пачки. Каждая из

ВКР УдГУ

пачек начинается песчано-конгломератовыми и заканчивается глинистыми породами с прослоями известняков, мергелей и доломитов.

На рассматриваемой территории отложения татарского яруса (P2t) представлены карбонатно-терригенными континентальными образованиями нижнего подъяруса (уржумского горизонта).

В составе нижнего подъяруса выделяются нижнеустьинская и сухонская свиты. Нижнеустьинская свита, представлена, в основном, серыми мелкозернистыми песчаниками на глинисто-известковом цементе с прослоями конгломератов, коричневыми, слюдистыми алевролитами и глинами алевролитовыми, которым подчинены маломощные прослои плотных известняков и пелитоморфных алевритистых мергелей. Верхняя часть нижнеустьинской свиты на подстилающих отложениях часто залегает с размывом, наиболее резко выраженном в районе г. Сарапула, в бассейнах рек Иж и Вала, где в основании развиты конгломераты из галек глинисто-карбонатных пород и кремня. Мощность отложений изменяется от 75 до 95 м.

Сухонская свита на большей части территории залегает на подстилающих образованиях с размывом и содержит толщу полимиктовых песчаников с прослоями конгломератов из галек кремневых пород. Прослои очень плотных песчаников чередуются с очень рыхлыми или песками. Песчаники содержат прослои глин и алевролитов. Верхняя часть разреза сложена преимущественно глинами алевролитовыми, плотными, с прослоями песчаников, алевролитов, реже карбонатных пород (мергели, известняки). Мощность сухонских отложений изменяется от 42 до 67 м.

Неогеновая система

В пределах обследованной территории известны лишь плиоценовые отложения, имеющие ограниченное распространение. Выполняют они узкие каньонообразные погребенные долины палеорек. Общая мощность плиоценовых отложений достигает 180 – 185 м. В основании разреза залегают маломощные (первые метры) русловые галечники и пески шешминского

ВКР УдГУ

горизонта плиоцена. Галечники плохо окатаны и представлены местными породами (известняк, мергель и др.).

Выше залегает мощная толща отложений акчагыльского яруса (N_{23ak}). В его основании залегают отложения челнинского горизонта, представленные глинами и, реже, алевритами коричневых и серых тонов мощностью 55 м. Формировались они в подпруженном пресноводном устьевом заливе (эстуарии). Выше по разрезу залегают алевролиты, пески и галечники сокольского горизонта. Отложения имеют более грубый состав, что отражает возросшую проточность водоема. Мощность отложений горизонта составляет 50 м. Завершают разрез темные жирные глины чистопольского горизонта – времени максимума акчагыльской трансгрессии. Мощность отложений чистопольского горизонта составляет от 28 до 31 м.

Подобные врезы, заполненные акчагыльскими образованиями, имеются в долинах р.р. Иж, Кырымас, Умяк, Варзи, Вала, Вятка, Люга.

В долине р. Кама также имеется плиоценовый палеоврез, выполненный отложениями акчагыльского яруса, сходными с вышеописанными. Здесь разрез плиоценовых отложений завершает бикляньский горизонт акчагыльского яруса – образования заключительной регрессивной фазы акчагыльской трансгрессии. Они пользуются небольшим распространением и представлены темными, жирными глинами, алевролитами и песками глинистыми мощностью до 20 м.

Четвертичная система

Четвертичные отложения на описываемой территории развиты практически повсеместно. Мощности их значительно различаются, достигая своего максимума в пределах долин рек Кама и Иж, где современные, верхне-среднечетвертичные аллювиальные образования перекрывают переуглубленные пра-долины, выполненные венедским аллювием. Здесь мощности четвертичных отложений достигают нескольких десятков метров. В пределах денудационных поверхностей выравнивания четвертичные отложения местами отсутствуют, мощность их здесь не превышает двух

ВКР УдГУ

метров. На поверхность выходят отложения среднего, верхнего и современного звеньев.

Нижнее звено. Аллювиальные отложения беловежского горизонта aQI vd (венедская свита) выделяются в переуглубленных долинах Пра-Камы и Пра-Ижа. Залегают они на акчагыльских и верхнепермских образованиях и погребены под современными, верхне- и среднечетвертичными аллювиальными образованиями. Ширина погребенной долины Ижа достигает 2 км, ширина погребенной долины Камы – 1 км. Венедский аллювий представлен преимущественно галечниками и песками русловой фации. Галечники состоят из хорошо окатанных галек размером 2 см, в основании горизонта до 10 см. В петрографическом составе галек представлены кварц, кремень, известняк окремнелый, кварцит. Пески, заполняющие галечники, серые, желтовато-серые, преимущественно кварцевые, разнозернистые промытые.

Песчаные горизонты представлены серыми, преимущественно кварцевыми, разнозернистыми, преимущественно среднезернистыми частицами, слабо сортированными, в различной степени глинистыми, обычно с включениями гравия и гальки местных и уральских пород. В верхней части разреза иногда наблюдаются линзы (до 2 м) старичных тонкослоистых суглинков темно-серых, серых, темно-коричневых. Мощность венедского аллювия в долине р. Иж изменяется от 4 до 17 м, в долине р. Кама – от 3 до 7 м.

В долинах р.р. Кырыкмас и Иж В.Я. Смирновым и Е.И. Улановым [11;14] выделяется также аллювий окского горизонта, представленный русловыми песками и старичными глинами, однако, надежной датировки этот аллювий не имеет.

Среднее звено. Аллювиальные отложения лихвинского и днепровского горизонтов (aQII l+d) в пределах обследованной территории развиты только на левом склоне долины р. Кама, где они слагают четвертую надпойменную террасу. Лихвинско-днепровский аллювий залегает здесь с размывом на

ВКР УдГУ

верхнепермских породах. Подошва его имеет абсолютные отметки 58 – 63 м. На большей части площади распространения описываемые отложения перекрыты перигляциальными образованиями и на дневную поверхность выходят в обрывах склона. Мощность отложений, сохранившихся от размыва, составляет 19 – 26 м.

Аллювий четвертой надпойменной террасы имеет характерное двучленное строение. Нижняя часть разреза представлена гумидным аллювием лихвинского возраста и сложена всеми основными фациями: галечниками и гравием фации размыва и серыми, темно-серыми, разнозернистыми, косо- и диагональнослоистыми песками русловой фации. В кровле залегает горизонт старичных глин и илов, криотурбированных и разбитых морозобойными клиньями. Верхняя часть разреза представлена перигляциальным аллювием днепровского времени. Для него характерны супесчано-песчаный состав, тонкая горизонтальная слоистость, наличие псевдоморфоз по ледяным клиньям.

Аллювиальные отложения одинцовского и московского горизонтов (aQII od+ms) слагают третью надпойменную террасу, которая прослеживается на левом склоне долин рек Кама, Вятка, Кырыкмас и ограниченно развита на правом склоне долины р. Иж. Аллювий третьей террасы подстилается казанскими и плиоценовыми отложениями, подошва его находится на абсолютных отметках 63 – 67 м. Как правило, одинцовско-московский аллювий перекрыт перигляциальными склоновыми образованиями.

Третья терраса также имеет характерное двучленное строение: гумидный аллювий – в нижней части разреза и перигляциальный – в верхней.

Гумидный аллювий представлен русловой и старичной фациями. Русловая фация сложена песками серыми, желтовато-серыми, кварцевыми, разнозернистыми, с гравием и галькой, содержание которых увеличивается вниз по разрезу. Старичная фация представлена суглинками темно-серыми, тугопластичными, иногда ожелезненными, с линзами песка мелкозернистого,

ВКР УдГУ

серого. Мощность гумидного аллювия в долинах рек Кама, Вятка составляет 18 – 22 м, в долинах Ижа и Кырыкмаса – 16 – 20 м.

Верхняя часть разреза третьей террасы сложена перигляциальным аллювием московского времени. Наиболее полно перигляциальный аллювий третьей террасы описан О.Н. Малышевой [4] в обрыве левого берега р. Вятки близ с. Крымская Слудка. Он представлен песками красновато-желтовато-коричневыми, серыми, полимиктовыми, тонко- и мелкозернистыми, глинистыми, косо- и горизонтально слоистыми. Мощность перигляциального аллювия 18 – 22 м. Для всей перигляциальной пачки характерно развитие псевдоморфоз по ледяным клиньям. Иногда в средней части разреза наблюдаются линзы зеленовато-серых суглинков, песчанистых, пористых, известковистых. Общая мощность аллювиальных отложений одинцовского и московского горизонтов в долинах рек Кама, Иж, Кырыкмас достигает 33 – 45.

Отложения среднего и верхнего звеньев нерасчлененные

В пределах описываемой территории они представлены делювиально-солифлюкционными, делювиальными и эоловыми образованиями, относящимися к перигляциальной формации.

Делювиально-солифлюкционные отложения (dsQII-III) наиболее широко распространены на пологих склонах северной и восточной экспозиции. В долинах рек Вала, Кырыкмас, Иж, Малая и Большая Сарапулки делювиально-солифлюкционные отложения образуют обширные шлейфы, перекрывающие нижние части склонов. Залегают они на верхнепермских, неогеновых, средне- и верхнечетвертичных аллювиальных отложениях.

Делювиально-солифлюкционные отложения в нижней части разреза представлены суглинками желтовато-серыми, коричнево-серыми, плотными, в различной степени песчанистыми, пластичными, безызвестковистыми. Характерна неясная тонкая слоистость суглинков, обусловленная вариациями гранулометрического состава, пологонаклоненная в сторону речных долин. Часто наблюдается тонкое линзовидное переслаивание суглинков с песками коричневыми, серыми, кварцевыми, тонко- и мелкозернистыми,

ВКР УдГУ

сильноглинистыми. В основании разреза почти повсеместно прослеживается базальный горизонт, сложенный песками разнозернистыми или суглинками со щебнем местных пород, гравием и галькой уральских пород.

Верхняя часть разреза представлена суглинками желтовато-серыми, коричневыми, палевыми, пористыми, лессовидными, карбонатными, песчанистыми, неслоистыми или неяснослоистыми. Наиболее полные разрезы делювиально-солифлюкционных суглинков часто характеризуются наличием одного или нескольких горизонтов погребенных почв (разрезы близ с. Гольяны, д. Голюшурма и др. [12;13]. Суровые перигляциальные условия образования суглинков отмечены наличием в разрезе криогенных текстур.

На крутых склонах делювиально-солифлюкционные шлейфы отмечаются реже, чем подобные шлейфы пологих склонов. Как правило, они приурочены к плейстоценовым склонам крутизной от 8 – 10° до 15 – 30°, а также выполняют долины древних балок. Обычно в подошве залегают крупнообломочный материал – щебень, глыбы. В средней части разреза мелкощебнистый материал переслаивается с супесчано-суглинистым. Наблюдается грубая, неясная слоистость, повторяющая очертания склона. В верхней части разреза слоистость теряет свою выраженность за счет облессования. подобные отложения широко развиты на правом склоне долины р. Кама.

Мощности делювиально-солифлюкционных суглинков изменяются в пределах 2 – 12 м, достигая своих максимальных значений в 17 – 20 м в левобережье Валы, Ижа, Кырыкмаса.

Короткие, крутые склоны южной, юго-западной и западной экспозиций зачастую покрыты чехлом суглинков делювиального происхождения (dQII-III). Мощности их, как правило, невелики и составляют в среднем 2 – 4 м, редко до 8 м. Чаще всего это суглинки коричневого, темно-бурого или бурого цвета, карбонатные, слабо столбчатые, облессованные. Верхняя их часть сильно преобразована почвообразовательным процессом. Характерной особенностью является отсутствие в разрезе криогенных текстур, присущих

ВКР УдГУ

делювиально-солифлюкционным образованиям. Г.П. Бутаков [1] относит данные отложения к верхней генерации склонов суглинков. Время их образования определяется как раннеосташковское, что, однако не подтверждается надежной датировкой.

Эоловые отложения (vQII-III) также относятся к образованиям перигляциальной формации. Образуют обширные песчаные покровы. На обследованной территории эоловые пески прослеживаются от третьей надпойменной террасы р. Вятки, занимая обширные пространства в бассейнах р.р. Ныша, Казанка, Пажман, Люга, верховья и правобережье р. Тыжма, левобережье р. Умяк. Далее на восток, в пределах Можгинской возвышенности, площади распространения эоловых отложений резко сокращаются. Ареалы песчаных массивов отмечаются на междуречьях Валы и Пычаса, Валы и Сюгинки, Сюги и Ныши, Валы и Умяка, в бассейне р. Иж, в левобережье р. Кама. Они повсеместно подстилаются коренными породами, имеют облекающий характер залегания и занимают абсолютные отметки от 100 до 230 м. Эоловые отложения обладают сравнительно небольшой мощностью от 0.5 – 1.5 м на водоразделах до 5 – 7 м в нижних частях склонов.

Представлены песками желтовато-серыми, коричневыми, серыми, кварцевыми, мелко- и неравномернозернистыми, в различной степени глинистыми, иногда содержащими гравий и гальку кварцитов, кремней, известняков. Пески обычно неслоистые, редко диагональнослоистые.

В районах соседства с делювиально-солифлюкционными отложениями, эоловые пески придают склоновым суглинкам значительную опесчаненность и связаны с ними постепенным переходом через перемежающиеся слои. Как указывает В.Я. Смирнов [11], зона такого фациального замещения протягивается на несколько сотен метров.

Верхнее звено. Аллювиальные отложения микулинского и калининского горизонтов (aQIII mk+k) слагают вторую надпойменную террасу, имеющую широкое развитие в долинах крупнейших рек обследованной территории - Камы, Ижа, Валы, Кырыкмаса. Отдельные

ВКР УдГУ

изолированные друг от друга останцы террасы имеются в долинах р.р. Умяк, Варзи, Чаж.

Ширина второй надпойменной террасы в долине р. Кама составляет 1.6 – 4.2 км, в долине р. Иж – 0.8 – 3.0 км, в долине р. Кырыкмас – 0.1 – 2.0 км. Высота над меженным уровнем р. Кама – 14 – 20 м, в долинах других рек от 6 до 15 м.

Толща аллювия второй террасы имеет четкое двучленное строение. Нижняя часть разреза – гумидный аллювий микулинского возраста, представлен в основном русловой фацией. В основании разреза – базальный горизонт из гравия и мелкой гальки кремня, кварца, яшмовидных пород (мощность 4- 9 м). Выше по разрезу залегают пески желтовато-серые, мелкозернистые, с гравием и галькой. Венчают разрез гумидного аллювия темно-серые старичные суглинки мощностью 4 – 5 м.

Верхний перигляциальный комплекс (калининский горизонт) представлен серыми, кварцевыми песками, разнозернистыми, глинистыми, косослоистыми, с линзами и прослоями суглинков желтовато-серых, коричневых. Мощность перигляциального аллювия достигает 10 м. Общая мощность отложений, слагающих вторую надпойменную террасу в долинах р.р. Кама, Иж, составляет 20 – 22 м, в долинах рек Кырыкмас, Вала – 12 – 16 м.

Аллювиальные отложения мологошекснинского-осташковского горизонтов (aQIIImš+os), слагающие первую надпойменную террасу, широко распространены в долинах рек Кама, Вятка, Иж, Вала, Кырыкмас и в долинах их притоков р. Умяк, р. Люга, р. Чаж, р. Варзи, р. Сюга, р. Малая Сарапулка и др. В долине р. Кама ширина первой надпойменной террасы составляет 0.8 – 2.8 км, в долинах других рек от 0.5 до 2 км. Высота террасы над меженью, в основном, составляет 4 – 7 м, в долинах крупных рек Кама, Вятка, Иж от 8 до 12 м.

ВКР УдГУ

Отложения первой террасы характеризуются развитием фаций, присущих аллювию, сформировавшемся в гумидном климате: фации размыва, русла, стариц и поймы.

Базальный горизонт аллювия сложен песками грубозернистыми, с гравием и галькой уральских, реже местных пород, с линзами и прослоями галечников. Мощность базального горизонта достигает 7 м. Русловой аллювий, преобладающий в разрезе террасы, представлен песками серыми, коричневато-серыми, кварцевыми, мелко- и среднезернистыми, часто косослоистыми. Мощность руслового аллювия – 5 – 12 м. Старичные фации, приуроченные к верхней части руслового аллювия, сложены суглинками серыми, темно-серыми, песчанистыми, неяснослоистыми, с прослоями торфов черных, темно-коричневых, осоково-древесных, разложенных. Мощность старичного аллювия достигает 3 м.

Верхняя часть разреза аллювия представлена пойменными суглинками коричневыми, серовато-коричневыми, песчанистыми, пористыми, с прослоями песков коричневых, кварцевых, мелкозернистых, глинистых, часто ожелезненных. Мощность пойменного аллювия 3 – 9 м.

Полная мощность отложений первой террасы в долине рек Кама и Кырыкмас составляет 17 – 20 м, в долине Ижа – 14 – 24 м, в долинах их притоков 4 – 10 м.

Современное звено. Современные аллювиальные отложения (aQIV) слагают пойменные террасы в долинах рек и приустьевых частях оврагов и балок. Ширина поймы в долинах рек Кама, Иж, Вятка достигает 3 – 4 км, в долинах рек меньших порядков от первых сотен метров до 2 км. В долинах Камы, Вятки, Ижа и некоторых других рек пойменная терраса имеет два уровня: высокий и низкий. Над меженным уровнем рек высокая пойма поднимается на 4 – 6 м. Аллювий её представлен всеми фациями характерными для равнинных рек. Камская пойма сложена песками желтовато-, темно-серыми, кварцевыми, преимущественно мелкозернистыми, косослоистыми, с линзами и прослоями суглинков. В основании разреза

ВКР УдГУ

наблюдаются прослои грубозернистых песков и галечников. Верхняя часть разреза часто сложена суглинками серыми и коричневыми, тонкослоистыми, с прослоями песков и редко торфов.

Аллювий низкой поймы представлен в основном русловой фацией (пески разнозернистые, иногда с гравием и галькой).Общая мощность современных аллювиальных отложений в долинах крупных рек Камы, Вятки, Ижа, Кырыкмаса составляет 17 – 20 м, в долинах рек меньших порядков 7 – 11 м.

Биогенные отложения (bQIV) широко распространены в днищах речных долин обследованной территории, достигая наибольшего развития в левобережье р. Камы, в долинах р.р. Кырыкмас, Вала, Люга. Представлены, в основном, торфяниками низинного типа. Торфа темно-коричневые, коричневые, черные, преимущественно древесно-осокового, осокового типа, средней и хорошей степени разложения, иногда с маломощными прослоями суглинков и иловатых глин. Мощность биогенных отложения составляет 1.5 – 5.5 м, редко достигая 7 м. Залегают болота на аллювиальных суглинках и глинистых песках высоких пойм, первой и второй надпойменных террас.

Четвертичные отложения нерасчлененные. Элювиальные образования (eQ) почти на всей обследованной территории характеризуются резким непостоянством литологического состава. На западе описываемой территории в районах развития пермских алевролитов, мергелей, известняков элювиальные отложения представлены суглинками зеленовато- и буровато-коричневыми, легкими и средними, комковатыми, мелкопористыми и иногда содержат обломки коренных пород. В восточной части области описываемые отложения представлены суглинками и глинами желтовато-коричневыми, красновато-коричневыми, неравномерно песчанистыми, плотными, реже песками желтовато-серыми, желтовато-коричневыми, разнозернистыми, иногда глинистыми, с обломками песчаников, известняков, плотных глин, алевролитов, кремней. Мощности элювиальных образований невелики и составляют 0.5 – 1.0 м, иногда достигая 2 – 3 м.

ВКР УдГУ

Рисунок 2. Геологическая карта Ельниковского месторождения

ВГУИТ

ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

Исследования выполнены на основании документа СП 446.1325800.2019 «Свод правил инженерно-геологические изыскания для строительства общие правила производства работ» (пп 7.1 и 7.2) [17].

На первом этапе исследований для подготовки проектной документации выполняют комплексное изучение инженерно-геологических условий выбранной территории (участка, трассы) и составляют прогноз их изменений в период строительства и эксплуатации с детальностью, достаточной для обоснования компоновки зданий и сооружений, конструктивных и объемно-планировочных решений, предварительного выбора типов фундаментов, составления схемы планировочной организации земельного участка расположения проектируемого объекта, предварительной разработки мероприятий по инженерной защите, охране геологической среды и созданию безопасных условий жизни населения.

В рамках первого этапа необходимо выполнить:

- сбор, изучение и систематизацию материалов исследований прошлых лет;
- дешифрирование и анализ аэро/космо-фотоснимков;
- рекогносцировочное обследование;
- геологическую съемку.

При изучении инженерно-геологических условий территории строительства состав и объемы работ должны быть достаточными для выделения в плане и по глубине ИГЭ (в соответствии с требованиями ГОСТ 20522) с определением для них полевыми испытаниями и лабораторными исследованиями прочностных и деформационных характеристик грунтов, их нормативных и расчетных значений. Комплекс ИГЭ используют при создании инженерно-геологической модели грунтового массива.

Предполевые камеральные работы. При подготовке документов территориального планирования необходимо изучить и систематизировать материалы исследований прошлых лет. К этим материал относятся

ВКР УдГУ

геологические, тектонические и гидрогеологические государственные карты масштабов 1:1 000 000 - 1:200 000 и крупнее, аэрокосмические снимки, материалы научно-исследовательских работ, включающие в себя информацию о природных условиях исследуемой территории.

Необходимо изучить материалы, включающие в себя информацию о характере рельефа, климате, геоморфологических особенностях, гидрогеологических условиях, геологическом строении, гидрографической сети, составе подземных вод, физико-механических свойствах грунтов, а также результаты влияния антропогенного влияния на географическую среду.

Собранные материалы служат для формирования следующих немаловажных итогов:

- формирование предварительного геологического разреза;
- предварительная оценка гидрогеологических условий;
- оценка антропогенного влияния на исследуемую территорию;
- оценка степени изученности геологических условий и актуальности имеющихся архивных данных.

При использовании результатов исследований прошлых лет необходимо учитывать срок давности их выполнения, согласно п. 6.1.7 СП 47.13330.2016 «Инженерные изыскания для строительства» [18].

ВКР УлГУ

Таблица 2

Срок использования результатов инженерно-геологических изысканий прошлых лет [18].

Характеристика инженерно-геологических (инженерно-геокриологических) условий	Срок давности используемых результатов, лет, не более*	
	на незастроенных (неосвоенных) территориях	на застроенных (освоенных) территориях
Геологическое строение	Без ограничений	Без ограничений
Гидрогеологические условия	5	2
Физико-механические свойства грунтов, химический состав подземных вод	5	2
Физико-механические свойства многолетнемерзлых грунтов	5	2
Температура многолетнемерзлых грунтов	2	2
Геологические (геокриологические) и инженерно-геологические (инженерно-геокриологические) процессы	5	2
Сейсмические и сейсмотектонические условия	Без ограничений	Без ограничений

Полевые работы. Началом для полевых работ служит рекогносцировочное обследование территории. Рекогносцировочное обследование – первостепенное визуальное изучение территории, направленное на выделение основных характеристик, особенностей и параметров изучаемой территории. Оно включает в себя:

- осмотр территории;
- визуальная оценка рельефа;
- описание и фотофиксация имеющихся геологических обнажений;
- описание и фотофиксация имеющихся элементов гидрографии;
- опрос населения о наличии и проявлении опасных геологических явлениях (при наличии этого населения).

Так же в рекогносцировочное обследование входит маршрутные наблюдения. Маршрутные наблюдения уточняют материалы дешифровки аэросъемки.

ВКР УлГУ

С целью установления геологического разреза, условий залегания грунтов и подземных вод производится проходка инженерно-геологических скважин.



Рисунок 3. Буровая установка

Проходка (бурение) скважин осуществляется как при помощи техники – механическое, так и ручным способом. Производится описание грунта и определение глубины его залегания с мощностью. При описании необходимо установить тип грунта, его консистенцию, цвет, включения, структуру и его геологический индекс. Производится отбор проб грунта для дальнейшей транспортировки в лабораторию. При геологической проходке производятся гидрогеологические исследования, в рамки которых входят: замер уровня грунтовых вод появившегося и установившегося, отбор проб воды для определения химического состава. Для более подробной и точной информации по характеру грунтов используется метод статического зондирования. Статическое зондирование – метод определения свойств грунтов, путем погружения зонда под статической нагрузкой с измерением показателей сопротивления грунта. Как правило для точного определения литологии требуется как статическое зондирование, так и геологическая проходка в пределах одной скважины, расстояние между ними не должно превышать 1.5-2.5 метра.



Рисунок 4. Зонд тензометрический

Геофизические работы – метод изучения геологического строения, подземных вод, а также свойств грунтов. Предусматривают

ВКР УлГУ

электроразведочные работы для определения блуждающих токов и оценки коррозионной агрессивности грунта. Геофизические работы так – же производятся в комплексе с традиционными методами изучения – бурение и статическое зондирование.

Лабораторные работы необходимо выполнить для установления физико-механических свойств грунтов и химического состава подземных вод. К основным показателям грунтов относятся:

- природная влажность грунта;
- влажность на границе текучести и раскатывания;
- плотность грунта;
- гранулометрический состав;
- коррозионная активность;
- химический состав воды;
- степень набухания;
- скорость размокания;
- прочностные показатели путем проведения испытания трехосного сжатия, одноплоскостного среза и компрессионного сжатия на основании которых рассчитываются такие показатели как: модуль деформации, удельное сцепление, угол внутреннего трения.

На основании полученных материалов, составляются геологические колонки (разрезы), с указанием всех вскрытых слоев грунта и уровень залегания грунтовых вод. Все собранные материалы обрабатываются на заключительном этапе исследований – камеральные работы. Сверяются результаты полевых и лабораторных исследований.

Камеральные работы – это обработка, анализ и систематизация данных полученных в результате полевых и лабораторных работ. Необходимо провести классификацию грунтов согласно ГОСТ 25100-2020.

ВКР УдГУ

Таблица 3

Класс дисперсных грунтов [19]

Под класс	Тип	Подтип	Вид	Подвид
Несвязные	Осадочные	Морские, аллювиальные, флювиальные, ледниковые, эоловые, склоновые.	Минеральные	Крупнообломочные пески, Пески с примесью органического вещества
			Органо-минеральные	Пески заторфованные
	Вулканогенные осадочные	Вулканогенно-осадочные, пиропластические	Минеральные	Вулканогенно-обломочные вулканические пески и пеплы
	Элювиальные	Образование в результате выветривания скальных грунтов	Минеральные и органоминеральные	Крупнообломочные грунты и пески коры выветривания
Связные	Осадочные	Морские, аллювиальные, флювиальные, ледниковые, эоловые, склоновые, озерно-болотные и др.	Минеральные	Глинистые грунты
			Органо-минеральные	Глинистые грунты заторфованные, илы, сапропели
		Озерно-болотные, болотные, аллювиально-болотные и др.	Органические	Торфы, сапропели
	Элювиальные	Образование в результате выветривания скальных грунтов	Минеральные, орагноминеральные	Глинистые грунты коры выветривания

Дальнейшее действие, это выделение инженерно-геологических элементов (ИГЭ). Выполняется оно согласно ГОСТ 20522-2012, с учетом происхождения, текстурно-структурных особенностей, вида, подвида или разновидности на основании полевых и лабораторных исследований [20].

При наличии выделенных ИГЭ строятся геологические профили (разрезы). Геологический разрез – схематичное изображение слоев грунта, в вертикальном сечении изучаемой территории.

К камеральному этапу относится обработка данных статического зондирования, в программе GeoExplorer. В исходном формате данные выглядят как набор чисел лобового и бокового сопротивления зонда на определенной глубине, при помощи программы эти числа переводятся в

ВКР УдГУ

привычные текстовые обозначения грунтов. Так как все грунты имеют разные прочностные характеристики, на основе этого возможно определить какие числовые показатели соответствуют определенному инженерно-геологическому элементу. Благодаря методу статического зондирования уточняются границы тех или иных слоев.

Итоговым продуктом всех вышеперечисленных работ является технический отчет.

ВКР УДГУ

ГЛАВА 3. ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ИССЛЕДОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ

3.1. Геолого-геоморфологические условия территории

В геоморфологическом отношении территория представляет собой увалистую денудационную равнину, сформировавшуюся в результате длительного воздействия процессов разрушения и сноса горных пород под влиянием внешних сил природы. Эта равнина существенно расчленена развитой долинно-балочной сетью, которая свидетельствует об активной эрозионной деятельности поверхностных вод и определяет сложный рисунок рельефа с чередованием водораздельных пространств, склонов и понижений. Согласно орографической схеме Удмуртии, район работ приурочен к Сарапульской возвышенности — одной из крупных положительных форм рельефа республики, отличающейся повышенными абсолютными отметками и более контрастным рельефом по сравнению с прилегающими низменными участками.

В геолого-литологическом строении территории до исследованной глубины 4,0–12,0 м принимают участие разнообразные по генезису и условиям формирования отложения. В верхней части разреза преобладают четвертичные техногенные (насыпные, tQ) грунты, образовавшиеся в результате деятельности человека и характеризующиеся неоднородным составом. Ниже залегают делювиальные (dQ) отложения, сформированные за счёт смыва и перемещения материала со склонов под действием дождевых и талых вод, а также аллювиально-пролювиальные (apQ) глинистые отложения, приуроченные к долинам водотоков и представляющие собой переходную фацию между склоновыми и русловыми накоплениями. Кроме того, в разрезе присутствуют глины и пески среднепермского возраста, выступающие в качестве элювиальных образований (eP2) по аргиллито-алевритовым породам и песчаникам — то есть это продукты выветривания коренных пород, сохранившиеся на месте своего образования и отражающие длительный этап континентального развития территории в среднепермское время.

ВКР УдГУ

Таблица 4

Сводный геолого-литологический разрез

Генезис, возраст	Глубина кровли, м		Глубина подошвы, м		Вскрытая мощность, м		Описание
	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	
bQ	0,0	0,0	0,2	0,3	0,2	0,3	Почвенно-растительный слой
eP_2	0,2	0,2	0,4	4,0	0,2	3,8	Глина полутвердая, легкая пылеватая, коричневая и буро-коричневая, с тонкими прослоями песка. *Вскрыта практически повсеместно.*
eP_2	0,2	1,0	4,0	4,0	3,0	3,8	Песок пылеватый, средней степени водонасыщения, средней плотности, желто-коричневый. *Вскрыт практически повсеместно.*
tQ	0,0	0,0	0,5	0,5	0,5	0,5	Техногенный грунт: суглинок полутвердый, темно-коричневый.
dQ	0,2	1,0	0,7	4,0	0,5	3,8	Суглинок твердый и полутвердый, коричневый и темно-коричневый, на отдельных участках – с прослоями песка мелкого.
dQ	0,2	3,0	1,0	4,0	0,5	3,8	Суглинок тугопластичный, тяжелый пылеватый, коричневый
dQ	0,2	3,4	1,5	4,4	0,6	2,4	Суглинок мягкопластичный, коричневый
apQ	0,2	1,0	4,0	4,0	3,0	3,8	Суглинок тугопластичный серовато-коричневый, с примесью органического вещества
eP_2	0,2	4,4	4,0	12,0	1,5	4,0	Глина полутвердая и твердая, легкая песчанистая, серовато-коричневая и красно-коричневая, с включениями гравия и щебня карбонатных пород, с включениями и редкими прослоями голубого алеврита

ВКР УГГУ

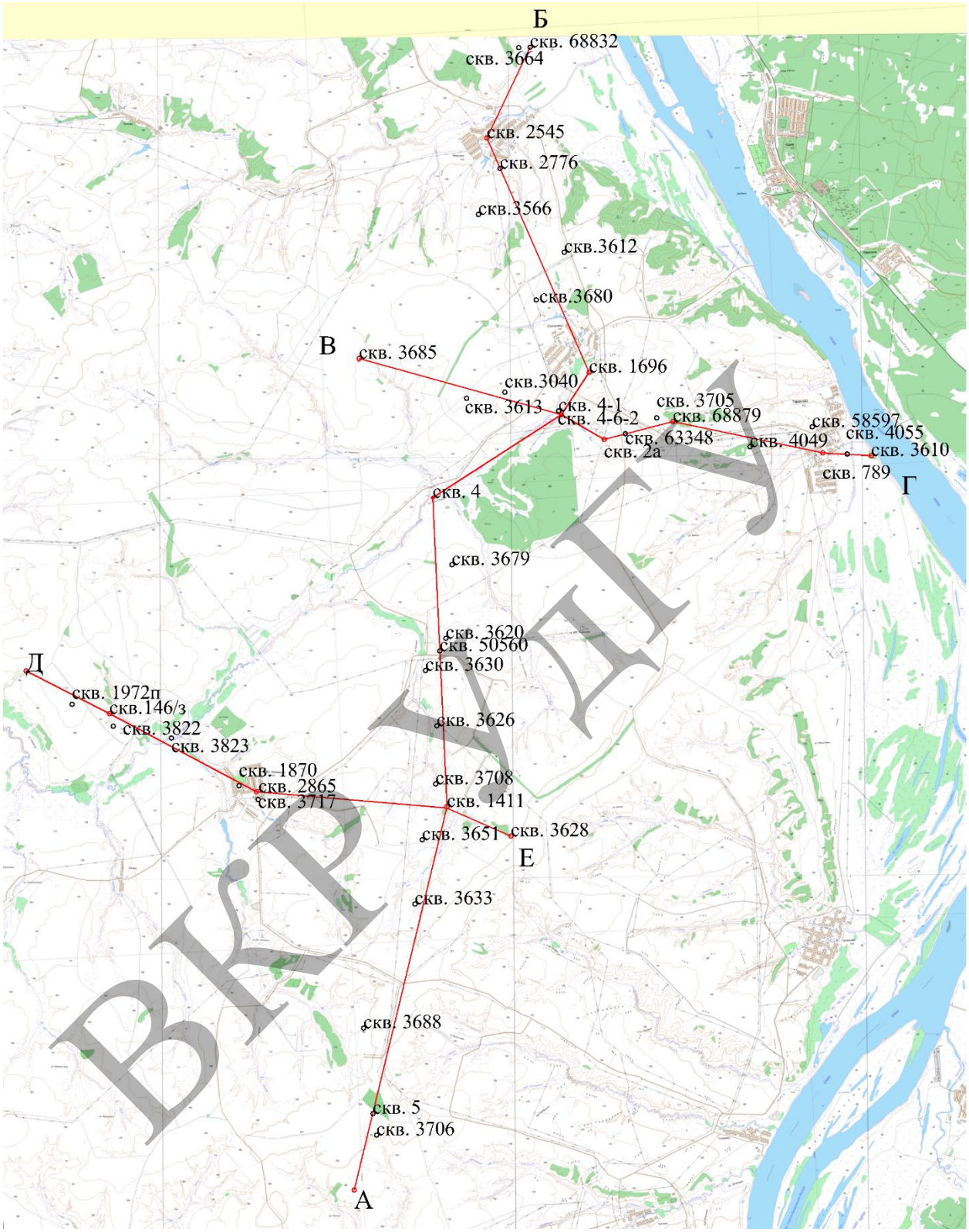


Рисунок 5. Карта-схема геологических разрезов и скважин

ВКР ИДГУ

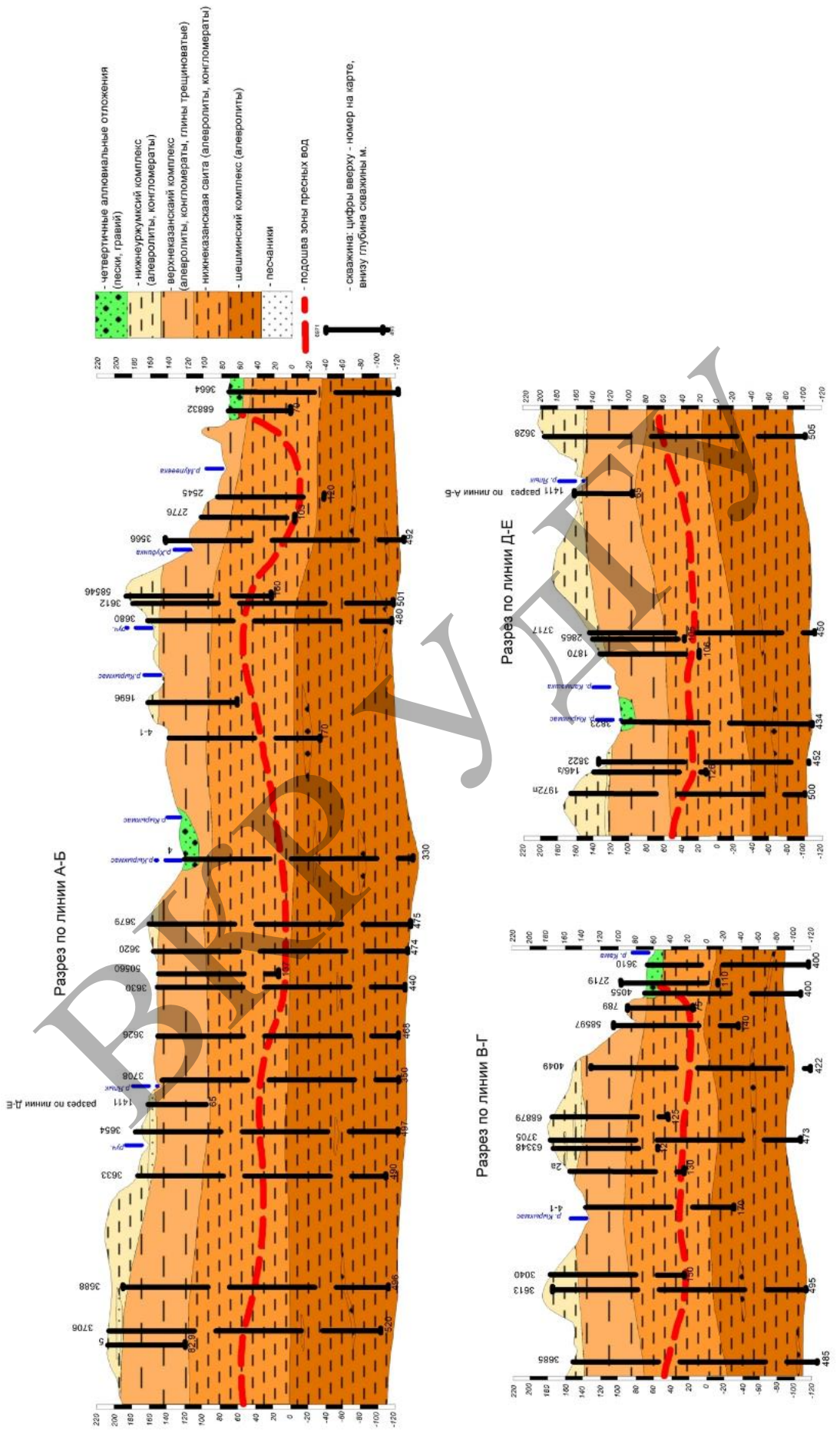


Рисунок 6. Геологические разрезы

Согласно геологическому разрезу, четвертичные отложения скрывают пермские отложения к которым относятся:

- Нижнеуржумский комлекс P_2ur_1 составленный глинами, песчаниками, алевролитами и конгломератами. В пределах исследуемой территории эти отложения распостраненны не повсеместно лишь, на водораздельных пространствах. В составе нижнего подъяруса выделяются нижнеустьинская и сухонская свиты. Нижнеустьинская свита, представлена, в основном, серыми мелкозернистыми песчаниками на глинисто-известковом цементе с прослоями конгломератов, коричневыми, слюдистыми алевролитами и глинами алевролитовыми, которым подчинены маломощные прослои плотных известняков и пелитоморфных алевритистых мергелей. Верхняя часть нижнеустьинской свиты на подстилающих отложениях часто залегает с размывом.

- Отложения верхнеказанской свиты P_2kz_2 имеют более широкое распространение по сравнению с нижнеуржмумской. На поверхность они выходят на водоразделах и на склонах долин крупнейших рек обследованной территории. Нижняя граница подъяруса проводится по подошве русловых или дельтовых песчаников, залегающих с размывом на мелко-озерных глинисто-алевролитовых породах нижнеказанского подъяруса. Мощность отложений составляет около 70 м. Представлены они глинами коричневыми, песчаниками серыми полимиктовыми, среднезернистыми, алевролитами коричневыми, гравелитами и конгломератами зелено-серыми с обломками местных и уральских пород, мергелями серыми пелитоморфными.

- Отложения нижнеказанского подъяруса P_2kz_1 . развиты повсеместно, перекрыты более молодыми отложениями, не имеют выхода на поверхности. Залегают на размытой поверхности шешминского горизонта. Нижняя граница подъяруса проводится отчетливо по смене шешминских красноцветных песчано-глинисто-алевролитовых, часто интенсивно загипсованных пород сероцветными карбонатно-глинистыми с остатками морской фауны пород казанского яруса. В состав нижнеказанских отложений входят глины

ВКР УдГУ

аргиллитоподобные, песчаники серые, полимиктовые, от мелко- до крупнозернистых, алевролиты коричневые, глинистые, мергели, известняки серые, пелитоморфные. Характерно ритмичное строение разреза, в основании ритмов залегают линзы песчаников и конгломератов.

- Шешминский горизонт P_1ss залегает с размывом на соликамском и стерлитамакском горизонтах. Нижняя граница горизонта проводится отчетливо по смене лагунно-морских глинисто-карбонатных соликамских или морских карбонатных стерлитамакских отложений континентальными красноцветными шешминскими отложениями.

Шешминский горизонт представлен песчаниками, глинами и алевролитами. По литолого-петраграфическому составу в разрезе выделены три пачки пород.

Нижняя, песчаниково-алевритово-глинистая пачка, сложена песчаниками, алевролитами, глинами с резко подчиненными прослоями известняков и доломитов. Пачка характеризуется преобладанием мелководно-озерных фаций темной окраски, повышенной известковистостью и доломитностью, слабой загипсованностью, тонкослоистой текстурой слагающих её пород. Литолого-фациальный состав пачки весьма непостоянен.

Средняя, песчаниково-алевролитовая пачка, сложена песчаниками, алевролитами и глинами. Пачка характеризуется широким распространением мелководно-озерных и аллювиально-дельтовых фаций, яркой окраской, сравнительно низкой карбонатностью, преобладанием неяснослоистых текстур, слагающих её пород. Для пачки характерна интенсивная загипсованность, приуроченная, главным образом, к верхней части разреза.

Верхняя, песчаниковая пачка, сложена песчаниками, алевролитами и глинами, с подчиненными прослоями известняков, доломитов, гипсов. Для пачки характерно преобладание дельтовых и русловых фаций, иногда слагающих весь разрез пачки, неравномерная интенсивная загипсованность, изменчивость литолого-фациального состава и мощности. Литологические

ВКР УдГУ

разности пород шешминского горизонта однотипны. Описание их приводится совместно для всех пачек.

Песчаники зеленовато-серые, серые, коричневато-серые, полимиктовые, среднесортированные, глинистые. Преобладают тонкослоистые и неяснослоистые разности. Цемент песчаников поровый, карбонатно-глинистый, значительно реже песчаники сцементированы кальцитовым и гипсовым базальным цементом. Песчаники образуют прослои мощностью до 3 м и переслаиваются с алевролитами и глинами. Для верхней и, частично, для средней пачек характерны песчаники, выполняющие палеоэрозионные врезы амплитудой до 15 м. Песчаники преимущественно мелкозернистые, грубеющие к основанию врезов, плохо сортированные, косослоистые, часто с линзами и прослоями конгломератов мощностью до 1 м, состоящих из галек местных пород (глин, алевролитов, мергелей, известняков), сцементированных песчано-кальцитовым и кальцитовым цементом.

Алевролиты коричневые, красновато-коричневые, коричневато-серые, плотные, глинистые, в верхней части разреза часто песчанистые, известковистые, прослоями доломитистые, неясно- или тонкослоистые. Мощность прослоев алевролитов достигает 5 м.

Глины коричневые, темно-коричневые, красновато- и коричневато-серые, аргиллитоподобные, алевритистые, реже жирные. Глины неяснослоистые, реже тонкослоистые, иногда с обильными остатками раковин остракод. Мощность прослоев глин достигает 4 м. Мергели, известняки и доломиты встречаются в виде прослоев мощностью до 0.5 м, в отдельных разрезах нижней и верхней пачек. Гипс в виде цемента, кристаллов, гнезд и прожилков обычен в породах средней и верхней пачек шешминского горизонта.

3.2. Гидрогеологические условия территории.

В процессе проведенных изысканий (октябрь, ноябрь 2025 г.) гидрогеологические условия до исследуемой глубины бурения 4,0-12,0 м характеризуются развитием одного водоносного горизонта, вскрытого

ВКР УлГУ

локально на участках пересечений через водотоки и на примыкающим к ним склонам. На остальной территории грунтовые воды не вскрыты. При изысканиях, проведенных ранее на прилегающей территории в 2020 и 2023 гг. подземные воды также не были выявлены.

Водоносный горизонт безнапорный, является первым от поверхности, его установившийся уровень соответствует появившемуся. Водовмещающим служит весь комплекс изученных отложений: делювиальные (dQ), аллювиальные (aQ) и аллювиально-пролювиальные (apQ) песчанистые и глинистые отложения, а так-же верхняя зона выветрелых пермских глин. Локальным водоупором для горизонта являются слаботрещиноватые разности более плотных твердых глин. Выдержанные водоупорные грунты до исследуемой глубины не вскрыты. Тип режима грунтовых вод определяется как сезонный – сезонное питание (преимущественно весенне-осеннее). Способ питания – смешанный, преимущественно за счет инфильтрации атмосферных осадков, инфильтрационного притока с вышележащих территорий, а также гидравлической связи в весенне-осенний период с водами водотоков.

По условиям питания и характеру распространения водоносный горизонт относится к грунтовым. Разгрузка горизонта происходит в русла ручьев, рек, и оврагов. Уровень водотока свободный, не зарегулирован гидротехническими сооружениями (без учета водопропускных труб в автодорожных насыпях).

Уровень грунтовых вод подвержен сезонным колебаниям. Зафиксированный при исследованиях уровень близок к среднему его положению. По данным мониторинга за режимом подземных вод на территории Ельниковского н/м, проводимом отделом охраны природной среды ЗАО "ИННЦ" в наблюдательных скважинах 53-1н – 53-4н, амплитуда сезонных и межгодовых колебаний уровня в глинистых грунтах достигает 1.0 м. Кроме того, в эти же периоды, на участках, где не были вскрыты подземные воды, в интервале глубин 0,5-2,0 м ожидается образование временного горизонта типа «верховодка», связанное с увлажнением верхнего слоя.

ВКР УлГУ

Характерными ее особенностями являются временный характер, ограниченность распространения, малая мощность и безнапорность. Способ питания «верховодки» – смешанный, преимущественно за счет инфильтрации атмосферных осадков и снеговых вод.

По наличию, условиям и времени развития процесса подтопления в соответствии с приложением «И» ч.II СП 11-105-97 [21] на территории нового строительства выделены следующие участки: – сезонно (ежегодно) подтапливаемые в естественных условиях (тип I-А-2), путем формирования «верховодки»; постоянно подтопленные в естественных условиях (тип I-А-1), куда относится участок перехода через ручей б/н.

Таблица 5

Фильтрационные параметры грунтов

Наименование	Коэффициент фильтрации, м/сут.	Разновидность грунтов по степени водопроницаемости
Суглинок полутвердый и твердый, тяжелый пылеватый, dQ	0,06	Слабоводопроницаемый
Суглинок тугопластичный, тяжелый пылеватый, dQ	0,06	Слабоводопроницаемый
Суглинок мягкопластичный, тяжелый песчанистый, dQ	0,06	Слабоводопроницаемый
Суглинок тугопластичный, тяжелый песчанистый, с примесью органического вещества, apQ	0,08	Слабоводопроницаемый
Глина твердая, легкая пылеватая, eP2	0,006	Слабоводопроницаемая
Песок пылеватый, средней плотности, eP2	0,9	Водопроницаемый

Техногенное воздействие на подземные воды на территории месторождения проявляется в нарушении естественного поверхностного стока, в водопритоке от утечек из водонесущих коммуникаций, а также в загрязнении подземных вод от бытовых, хозяйственных и производственных отходов, сред и материалов. Увеличение техногенной нагрузки на территорию, в связи с интенсивным обустройством месторождения, согласно имеющемуся опыту, ведет к более широкому развитию сезонной верховодки.

ВКР УлГУ

По химическому составу грунтовые воды хлоридно-гидрокарбонатные магниево-кальциево-натриевые, умеренно жесткие, весьма пресные с минерализацией 0,467-0,507 г/л.

3.3. Свойства грунтов

Грунтовый массив сложен дисперсными связными осадочными минеральными глинистыми грунтами делювиального, аллювиального, аллювиально-пролювиального, элювиального происхождения.

На данном участке грунты можно разделить на:

1. Четвертичные – твердые и полутвердые суглинки делювиальные, суглинки тугопластичные делювиальные, аллювиальные и пролювиальные, суглинки мягкопластичные делювиальные, аллювиальные, пролювиальные, пески пылеватые средней плотности, по степени водонасыщения выделены – маловлажные, влажные и водонасыщенные. На основании полевых и лабораторных испытаний, четвертичные отложения по несущей способности в целом можно отнести к слабым, за исключением твердых и полутвердых суглинков.

2. Пермские – глины твердые и полутвердые элювиальные, пески элювиальные. По несущей способности пермские отложения относятся к прочным, за счет долговременной консолидации на протяжении миллионов лет, пористость отложений уменьшилась, тем самым увеличив прочность.

Грунты в выделенных инженерно-геологических элементах имеют одно происхождение и разновидность, а значения характеристик в пределах элемента изменяются случайно и согласно ГОСТ 20522-2012 [20] соответствуют условиям разделения на ИГЭ по допустимым значениям коэффициента вариации (Vдоп) 0,15 для физических характеристик и 0,3 для механических. Данное выделение грунтов в ИГЭ также не противоречит п. 6.3.1.5, п. 6.3.2.5 СП 47.13330.2016 [18].

На основании лабораторных исследований были составлены сводные таблицы предельных, нормативных значений основных свойств грунтов по каждому инженерно-геологическому элементу [см. приложение 1-6].

ВКР УлГУ

3.4 Геологические процессы

Геологические процессы разделяются на эндогенные и экзогенные. Современные эндогенные геологические процессы на исследуемой территории, в силу ее расположения на устойчивом блоке континентальной коры, не оказывают влияния на выбор проектных решений и строительство. Участок проектируемого строительства к сейсмическому району не относится, согласно СП 14.13330.2018 [22]. Интенсивность сейсмических воздействий составляет 5 баллов по шкале MSK-64, в соответствии с картой общего сейсмического районирования территории Российской.

Среди экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов, которые необходимо учитывать при проектировании и строительстве нового объекта согласно п. 4.8 СП 115.13330.2016 [23], для территории характерны морозное пучение грунтов, подтопление подземными водами, также возможны эрозионные процессы.

Глубина морозного пучения в слое сезонного промерзания для глинистых грунтов данного района составляет 1,5 м, песков – 1,8 м. Процессы морозного пучения грунтов связаны с их сезонным промерзанием и оттаиванием. Перераспределение влаги в породах при промерзании сопровождается явлениями морозного пучения, заключающегося в том, что влажные дисперсные грунты при замерзании способны увеличиваться в объеме. При последующем оттаивании в этих грунтах происходит обратный процесс, сопровождающийся их разуплотнением и снижением несущей способности. Категория опасности процесса оценивается как весьма опасная, с учетом площадной пораженности территории более 75 % [23].

Подтопление территории в естественных условиях. По наличию, условиям и времени развития процесса подтопления в соответствии с Приложением И СП 11-105-97, ч.II [21] в границах территории выделены участки: постоянно подтопленные в естественных условиях (тип I-А-1), где имеется постоянный водоносный горизонт (участки переходов через водотоки); сезонно (ежегодно) подтапливаемые в естественных условиях (тип

ВКР УлГУ

I-А-2), к которым отнесена вся остальная территория, где подземные воды не вскрыты, но следует ожидать сезонного формирования верховодки. Категория опасности процесса оценивается как весьма опасная, с учетом площадной пораженности территории 75-100 % (таблица 5.1 СП 115.13330.2016 [23].

Эрозионные процессы развиваются повсеместно, в результате дешифрирования космоснимков и маршрутных наблюдений, было выявлено что наибольшая активность зафиксирована в северном направлении, близ реки Кама, и в южной части, в центральной части наименьшая.

Две промоины сформировались в южной части участка близ деревни Малые Калмаши. Согласно типизации, предложенной И.И. Григорьевым [2] данные промоины относятся к придорожным. Возникновение и развитие линейной эрозии здесь связано с концентрацией атмосферных осадков в бетонном лотке, установленном вдоль автодороги. При рекогносцировочном обследовании признаков активизации эрозионных процессов не установлено. Склоны и днище промоин задернованы, заросли травянистой растительностью.

Склоновые овраги, развитые в южной части участка имеют V-образную форму поперечного профиля, склоны и дно оврагов частично задернованы. Согласно типизации оврагов [2], данный овраг относится к агрогенным. Его возникновение связано с нарушением естественного дернового и растительного покрова в результате распашки поверхности склона. В ходе анализа космоснимков разных лет (с 2014 по 2024 гг.) какого-либо прироста оврага не выявлено.

ВКР УдГУ



Рисунок 7. Аэроснимок оврага, северная часть месторождения 2014 г.



Рисунок 8. Аэроснимок оврага, северная часть месторождения 2024 г.

ВГУЭС

Других опасных геологических процессов, в том числе склоновых и суффозионных, в пределах исследуемого участка и прилегающей территории не выявлено. Исследуемая территория не является карстоопасной для строительства. Район работ отнесен к VI категории устойчивости относительно интенсивности образования карстовых деформаций, где возможность провалов исключается.

Согласно таблице В.1 СП 116.13330.2012 [24] в Удмуртской Республике зарегистрированных проявлений карстово-суффозионных процессов не имеется. Развитие карстовых процессов на исследуемой территории зафиксировано только в нижнепермских отложениях (P1), залегающих на глубине 500-800 м (глубинный карст). На проектируемые сооружения они негативного влияния не оказывают. Из инженерно-геологических процессов на исследуемой территории происходит развитие подтопления водами техногенной верховодки отдельных его участков.

3.5. Прогноз изменения геологических условий

По гидрогеологическим условиям, в границах исследуемой территории будет развиваться процесс подтопления. Постоянное подтопление в естественных условиях будет происходить при наличии постоянного водоносного горизонта, долины рек и ручьев. Сезонными участками подтопления в естественных условиях является вся остальная территория, где не вскрыты подземные воды, стоит ожидать образования верховодки, которая связана с комплексом факторов, главным из которых является весеннее снеготаяние, в это время происходит резкое увеличение поверхностных стоков. В связи с достаточной освоенностью территории (наличие нефтедобывающей инфраструктуры) происходит антропогенное воздействие на гидрогеологический режим, например, утечки из водонесущих коммуникаций, которые способны локально формировать верховодку.

Для предупреждения развития подтоплений грунтов оснований сооружений при строительстве и эксплуатации рекомендуется следующее:

ВКР УдГУ

- Организация и ускорение поверхностного стока, включающее ускорение и упорядочение стока поверхностных вод, формирующихся в пределах окружающей территории, недопущение скопления воды в котлованах, траншеях, выемках и т.п. при производстве работ, а в зимний период своевременный вывоз снега за пределы площадок.

- Разработка мероприятий по предупреждению утечек из водопроводящих и водосодержащих сооружений.

- При проектировании оснований и фундаментов сооружений следует учитывать наличие у подземных вод агрессивного воздействия к бетону, к металлам.

Для территории Ельниковского нефтяного месторождения характерна высокая степень эрозионного расчленения поверхности склонов. В результате дешифрирования и маршрутных наблюдений на склонах водотоков отмечены промоины, а также овраги.

В связи с этим, в целях предотвращения размыва поверхностными водами на участках нового строительства необходимо предусмотреть противоэрозионные мероприятия, согласно СП 425.1325800.2018 [25], в общем виде включающие в себя:

- Мероприятия по предупреждению утечек из водопроводящих и водосодержащих сооружений, своевременная замена и регулярный контроль качества элементов коммуникаций.

- Территориальное планирование территории и водоотводные мероприятия, учитывая природные особенности местности располагать коммуникации максимально выгодно и с минимальным ущербом для окружающей среды (предотвращая размывы).

- Биологические типы укреплений. Особенно на крутых склонах за счет развития корневой системы многолетних трав и деревьев, происходит замедление эрозии. Этот метод эффективнее работает в комплексе с водоотводами и дренажем.

ВКР УдГУ

Особое внимание необходимо уделить участку развития промоин вблизи деревни Малые Калмаши. А именно – исключить сброс поверхностных вод, сконцентрированных в бетонном лотке вдоль дороги, в сторону промоин. Альтернативным вариантом является гашение энергии водного потока [65]. При этом важно максимально сохранить существующий почвенно-растительный слой.

ВКР УдГУ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения работы была дана комплексная геолого-геоморфологическая характеристика Ельниковского месторождения. Анализ стратиграфии и тектонического строения показал, что территория приурочена к структуре с четко выраженным блоковым строением, что определяет неоднородность литологического состава пород. Выявлено, что современный рельеф месторождения сформирован под воздействием денудационных и аккумулятивных процессов, при этом ключевое значение имеют неотектонические движения, контролирующие распределение форм рельефа. Установлены прямые корреляционные связи между составом коренных пород и морфометрическими параметрами рельефа. Оценка экзогенных процессов (овражная эрозия, морозное пучение, подтопление) показала их активность на участках с нарушенным почвенно-растительным покровом.

Практическая значимость работы подтверждена возможностью использования полученных картографических моделей и базы данных для оптимизации проектирования и проведения природоохранных мероприятий. Результаты могут быть применены при мониторинге опасных геологических процессов на территории Ельниковского месторождения. Материалы работы могут быть применены для проведения аналогичных исследований на территориях со схожими геологическими условиями, для тех же задач проектирования.

ВКР УлГУ

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бутаков Г.П. Плейстоценовый перигляциал на востоке Русской равнины. — Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1986.

2. Григорьев И.И., Рысин И.И. Техногенные овраги на территории Удмуртии. Казань 2017.

3. Кашин А.А., Стурман В.И. Уточненная схема физико-географического районирования и количественная характеристика ландшафтов Удмуртии. Вестник УдГУ. 2012.

4. Малышева О.Н. Геологическое строение бассейнов левых притоков рек Вятки и Валы. — Горький, 1959, ТГФ.

5. Машков А.Ф., Леонтьев М.В., Крестьянинов Н.В. и др. Отчет о результатах работ по изучению экзогенных геологических процессов на территории Удмуртской Республики, выполненный Удмуртской ГРП в 1996-97г.г. – Ижевск, 1998, Фонды Удмуртской ГРЭ.

6. Машков А.Ф., Леонтьев М.В., Крестьянинов Н.В. Информационный (промежуточный) отчет по результатам специального инженерно-геологического обследования территории Удмуртской Республики, выполненного Удмуртской ГРЭ в 1998 г. – Ижевск, 1999, Фонды Удмуртской ГРЭ.

7. Методические рекомендации по организации и ведению государственного мониторинга экзогенных геологических процессов. – М., 1997.

8. Рысин И.И. Атлас Удмуртской Республики. М.: Феория, 2016.

9. Стурман В.И. Геоэкологические проблемы Удмуртии. – Учеб. Пособие Ижевск.: Изд-во Удм. Ун-та, 1997.

10. Удмуртская Республика: Энциклопедия. – Ижевск: Изд-во «Удмуртия», 2000.

11. Смирнов В.Я., Мешков П.И. Геологическое строение и гидрогеологические условия междуречья Ижа и Камы (лист О - 39 - XXXVI). — Дзержинск, 1974, Фонды Удмуртской ГРП.

ВКР УдГУ

12. Сухаревская С.А., Белянина А.И. Поисковые работы с целью оценки перспектив четвертичных отложений для промышленного использования в качестве строительных материалов Кировской и Ульяновской областей, Татарской и Удмуртской АССР. — Горький, 1975, Фонды Удмуртской ГРП.
13. Уланов Е.И., Уланова Е.И. Геологическое строение и гидрогеологические условия междуречья Ижа и Сивы (лист О - 39 - XXX). — Дзержинск, 1973, Фонды Удмуртской ГРП.
14. Уланов Е.И., Иванов Ю.Р. Геологическое строение и гидрогеологические условия территории листа О - 39 - XXXV. — Дзержинск, 1976, Фонды Удмуртской ГРП.
15. СП 131.13330.2025 свод правил Строительная климатология [Электронный ресурс]: https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/432245/ (дата обращения 23.04.2026)
16. СП 50.13330.2024 свод правил Тепловая защита зданий [Электронный ресурс]: https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/374252/ (дата обращения 11.05.2026)
17. СП 446.1325800.2019 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ [Электронный ресурс]: https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/18797/ (дата обращения 05.05.2026)
18. СП 47.13330.2016 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения [Электронный ресурс]: https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/13629/ (дата обращения 01.06.2026)
19. ГОСТ 25100-2020 Грунты. Классификация
20. ГОСТ 20522-2012 Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний
21. СП 11-105-97 Свод правил по инженерно-геологическим изысканиям для строительства [Электронный ресурс]: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294848/4294848622.pdf?ysclid=mqq85urvve135090165 (дата обращения 23.05.2026)

ВКР УдГУ

22. СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах [Электронный ресурс]: https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/17067/ (дата обращения 25.05.2026)
23. СП 115.13330.2016 Геофизика опасных природных воздействий [Электронный ресурс]: https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/17066/ (дата обращения 02.06.2026)
24. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения [Электронный ресурс]: https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/1906/ (дата обращения 10.06.2026)
25. СП 425.1325800.2018 Инженерная защита территорий от эрозионных процессов. Правила проектирования [Электронный ресурс]: https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/18209/ (дата обращения 29.05.2026)

ВКР УдГУ

ПРИЛОЖЕНИЯ

ВКР УдГУ

Приложение 1

Предельные и нормативные значения основных свойств грунтов. Глина легкая пылеватая, полутвердая.

Наименование показателя				Нормативное значение	Максимум	Минимум	Количество определений
Физические свойства грунта	Влажность, д.е.	природная	W	0,209	0,250	0,165	48
		при водонасыщении	Wsat	0,228	0,256	0,213	48
		на границе текучести	WL	0,439	0,530	0,377	48
		на границе раската	Wp	0,252	0,320	0,203	48
	Число пластичности, д.е.		Ip	0,186	0,210	0,172	48
	Показатель текучести, д.е.		IL	-0,21	-0,03	-0,44	48
	Показатель текучести при водонасыщении, д.е.		Ilsat	-0,09	0,09	-0,34	48
	Коэффициент водонасыщения, д.е.		Sr	0,89	0,99	0,68	48
	Плотность, г/см³	частиц грунта	ρs	2,74	2,74	2,74	48
		грунта природная	ρ	2,04	2,08	2,00	48
		при водонасыщении	psat	2,08	2,12	2,02	48
		сухого грунта	ρd	1,70	1,76	1,61	48
	Коэффициент пористости, д.е.		e	0,612	0,702	0,557	48
Гранулометрический состав,%	Размер частиц, мм	1-0,5	A0,5	0,2	1,3	0,0	48
		0,5-0,25	A0,25	1,7	5,1	0,0	48
		0,25-0,1	A0,1	6,6	17,7	0,3	48
		0,1-0,05	A0,05	20,7	29,9	14,8	48
		<0,05	A<0,05	29,1	38,3	19,4	48
		<0,01	A<0,01	15,0	22,0	8,4	48
		<0,005	A<0,005	10,8	14,2	5,8	48
		<0,002	A<0,002	15,9	27,8	6,3	48
Модуль деформации, Мпа		по трехосному сжатию ест.вл.	E	21,3	23,6	17,7	18
		табл.А.7 СП 22.13330.2016	E	19	-	-	-
Удельное сцеплени е, МПа		по трехосному сжатию ест.вл.	C	0,069	0,087	0,050	18
		табл.А.7 СП 22.13330.2016	C	43	-	-	-
Угол внутрен. трения, град.		по трехосному сжатию ест.вл.	φ	23	25	20	18
		табл.А.7 СП 22.13330.2016	φ	22	-	-	-

ВКРУлГУ

Приложение 2

Предельные и нормативные значения основных свойств грунтов. Песок пылеватый.

Наименование показателя					Нормативное значение	Максимум	Минимум	Количество определений
Физические свойства грунта	Влажность, д.е.		природная	W	0,196	0,220	0,173	15
			при водонасыщении	Wsat	0,258	0,291	0,234	15
	Коэффициент водонасыщения, д.е.			Sr	0,76	0,80	0,69	15
	Плотность, г/см³		частиц грунта	ρs	2,66	2,66	2,66	15
			грунта природная	ρ	1,89	1,95	1,82	15
			при водонасыщении	psat	1,98	2,02	1,94	15
			сухого грунта	ρd	1,58	1,64	1,50	15
	Коэффициент пористости, д.е.			e	0,69	0,77	0,62	15
Гранулометрический состав,%	Размер частиц, мм	20-10		A10	-	-	-	-
		10-5		A5	-	-	-	-
		5-2		A2	0,3	2,6	0,0	15
		2-1		A1	0,9	4,9	0,0	15
		1-0,5		A0,5	0,7	2,5	0,0	15
		0,5-0,25		A0,25	18,0	25,4	10,1	15
		0,25-0,1		A0,1	50,7	60,5	42,7	15
		0,1-0,05		A0,05	29,3	34,0	27,0	15
Модуль деформации, МПа		по трехосному сжатию ест.вл.		E	22,0	25,6	19,8	6
		по трехосному сжатию вод-ие		Esat	20,1	20,8	18,3	6
		по стат. зондированию		E	-	-	-	-
Удельное сцепление, МПа		по трехосному сжатию ест.вл.		C	0,012	0,017	0,008	6
		по трехосному сжатию вод-ие		Csat	0,007	0,008	0,004	6
		по стат. зондированию		C	-	-	-	-
Угол внутрен. трения		по трехосному сжатию ест.вл.		φ	33	35	32	6
		по трехосному сжатию вод-ие		φsat	29	35	26	6
		по стат. зондированию		φ	-	-	-	-

ВКР УлГУ

Приложение 3

Предельные и нормативные значения основных свойств грунтов. Суглинок полутвердый и твердый.

Наименование показателя				Нормативное значение	Максимум	Минимум	Количество определений
Физические свойства грунта	Влажность, д.е.	природная	W	0,224	0,262	0,168	22
		при водонасыщении	Wsat	0,258	0,305	0,240	22
		на границе текучести	WL	0,388	0,432	0,350	22
		на границе раската	Wp	0,229	0,268	0,201	22
	Число пластичности, д.е.		Ip	0,159	0,169	0,138	22
	Показатель текучести, д.е.		IL	-0,03	0,14	-0,32	22
	Показатель текучести при водонасыщении, д.е.		Ilsat	0,20	0,57	-0,12	22
	Коэффициент водонасыщения, д.е.		Sr	0,87	0,98	0,58	16
	Плотность, г/см³	частиц грунта	ρs	2,74	2,74	2,73	16
		грунта природная	ρ	1,96	2,04	1,76	16
		при водонасыщении	psat	2,02	2,05	1,94	16
		сухого грунта	ρd	1,61	1,65	1,49	16
	Коэффициент пористости, д.е.		e	0,70	0,83	0,66	16
Гранулометрический состав,%	Размер частиц, мм	20-10	A10	-	-	-	-
		10-5	A5	-	-	-	-
		5-2	A2	-	-	-	-
		2-1	A1	-	-	-	-
		1-0,5	A0,5	0,0	0,1	0,0	13
		0,5-0,25	A0,25	0,2	0,4	0,0	13
		0,25-0,1	A0,1	0,7	1,3	0,0	13
		0,1-0,05	A0,05	20,6	22,5	18,8	13
		<0,05	A<0,05	39,4	42,6	37,3	13
		<0,01	A<0,01	18,6	22,0	16,3	13
		<0,005	A<0,005	10,8	12,6	9,3	13
		<0,002	A<0,002	9,7	12,1	7,9	13
Модуль деформации, МПа		по трехосному сжатию ест.вл.	E	18,0	19,0	16,6	6
		по трехосному сжатию вод-ие	Esat	15,7	16,3	14,9	6
		по стат. зондированию	E	-	-	-	-
		табл.А.3 СП 22.13330.2016	E	19,5	-	-	-
Удельное сцепление, МПа		по трехосному сжатию ест.вл.	C	0,044	0,047	0,041	6
		по трехосному сжатию вод-ие	Csat	0,037	0,038	0,034	6
		по стат. зондированию	C	-	-	-	-
		табл.А.2 СП 22.13330.2016	C	0,028	-	-	-
Угол внутрен. трения		по трехосному сжатию ест.вл.	φ	19	20	18	6
		по трехосному сжатию вод-ие	φsat	16	17	15	6
		по стат. зондированию	φ	-	-	-	-
		табл.А.2 СП 22.13330.2016	φ	24	-	-	-

ВКР ЧГТУ

Приложение 4

Предельные и нормативные значения основных свойств грунтов. Суглинок тугопластичный.

Наименование показателя					Нормативное значение	Максимум	Минимум	Количество определений
Физические свойства грунта	Влажность, д.е.		природная	W	0,282	0,331	0,258	14
			при водонасыщении	Wsat	0,304	0,330	0,279	14
			на границе текучести	WL	0,388	0,429	0,360	14
			на границе раската	Wp	0,230	0,268	0,203	14
	Число пластичности, д.е.			Ip	0,158	0,168	0,146	14
	Показатель текучести, д.е.			IL	0,33	0,42	0,26	14
	Показатель текучести при водонасыщении, д.е.			Ilsat	0,47	0,71	0,28	14
	Коэффициент водонасыщения, д.е.			Sr	0,93	0,99	0,85	10
	Плотность, г/см³		частиц грунта	ρs	2,74	2,74	2,73	10
			грунта природная	ρ	1,92	1,95	1,86	10
			при водонасыщении	psat	1,95	1,98	1,92	10
			сухого грунта	ρd	1,50	1,55	1,44	10
	Коэффициент пористости, д.е.			e	0,83	0,90	0,76	10
Гранулометрический состав,%	Размер частиц, мм	20-10		A10	-	-	-	-
		10-5		A5	-	-	-	-
		5-2		A2	-	-	-	-
		2-1		A1	-	-	-	-
		1-0,5		A0,5	0,0	0,2	0,0	10
		0,5-0,25		A0,25	0,3	0,5	0,1	10
		0,25-0,1		A0,1	0,7	1,0	0,5	10
		0,1-0,05		A0,05	21,9	25,2	20,5	10
		<0,05		A<0,05	41,8	44,0	39,8	10
		<0,01		A<0,01	16,6	18,2	15,3	10
		<0,005		A<0,005	9,5	11,2	7,8	10
		<0,002		A<0,002	9,1	10,2	7,7	10
Модуль деформации, МПа	по трехосному сжатию ест.вл.			E	12,2	12,6	11,9	6
	по стат. зондированию			E	-	-	-	-
	табл.А.3 СП 22.13330.2016			E	11,6	-	-	-
Удельное сцепление, МПа	по трехосному сжатию ест.вл.			C	0,032	0,033	0,030	6
	по стат. зондированию			C	-	-	-	-
	табл.А.2 СП 22.13330.2016			C	0,019	-	-	-
Угол внутрен.	по трехосному сжатию ест.вл.			φ	16	16	15	6
	по стат. зондированию			φ	-	-	-	-
	табл.А.2 СП 22.13330.2016			φ	19	-	-	-

ВКРУДГУ

Приложение 5

Предельные и нормативные значения основных свойств грунтов.
Суглинок мягкопластичный.

Наименование показателя				Нормативное значение	Максимум	Минимум	Количество определений
Физические свойства грунта	Влажность, д.е.	природная	W	0,276	0,329	0,249	13
		при водонасыщении	Wsat	0,293	0,334	0,264	13
		на границе текучести	WL	0,378	0,453	0,351	13
		на границе раската	Wp	0,227	0,285	0,206	13
	Число пластичности, д.е.		Ip	0,150	0,168	0,130	13
	Показатель текучести, д.е.		IL	0,32	0,44	0,26	13
	Показатель текучести при водонасыщении, д.е.		Ilsat	0,45	0,56	0,29	13
	Коэффициент водонасыщения, д.е.		Sr	0,94	0,98	0,87	12
	Плотность, г/см³	частиц грунта	ρs	2,73	2,74	2,72	12
		грунта природная	ρ	1,94	1,99	1,90	12
		при водонасыщении	psat	1,96	2,01	1,91	12
		сухого грунта	ρd	1,52	1,59	1,43	12
	Коэффициент пористости, д.е.		e	0,80	0,92	0,72	12
Относительное содержание органического вещества, %			Ir	4,38	8,60	3,08	12
Гранулометрический состав,%	Размер частиц, мм	20-10	A10	-	-	-	-
		10-5	A5	-	-	-	-
		5-2	A2	-	-	-	-
		2-1	A1	-	-	-	-
		1-0,5	A0,5	1,2	4,4	0,0	8
		0,5-0,25	A0,25	4,2	9,3	0,3	8
		0,25-0,1	A0,1	7,7	14,3	1,1	8
		0,1-0,05	A0,05	19,0	21,7	16,4	8
		<0,05	A<0,05	35,5	39,4	32,7	8
		<0,01	A<0,01	14,0	18,4	8,2	8
		<0,005	A<0,005	8,7	11,3	6,3	8
		<0,002	A<0,002	9,7	13,1	6,8	8
Модуль деформации, МПа		по трехосному сжатию ест.вл.	E	11,6	12,9	10,8	5
		по стат. зондированию	E	-	-	-	-
		табл.А.3 СП 22.13330.2016	E	12,5	-	-	-
Удельное сцепление, МПа		по трехосному сжатию ест.вл.	C	0,025	0,030	0,017	5
		по стат. зондированию	C	-	-	-	-
		табл.А.2 СП 22.13330.2016	C	0,021	-	-	-
Угол внутрен. трения		по трехосному сжатию ест.вл.	φ	15	18	12	5
		по стат. зондированию	φ	-	-	-	-
		табл.А.2 СП 22.13330.2016	φ	20	-	-	-

ВКРУЛТУ

Приложение 6

Предельные и нормативные значения основных свойств грунтов. Глина твердая

Наименование показателя					Нормативное значение	Максимум	Минимум	Количество определений
Физические свойства грунта	Влажность, д.е.		природная	W	0,202	0,238	0,160	26
			при водонасыщении	Wsat	0,231	0,297	0,178	26
			на границе текучести	WL	0,428	0,507	0,369	26
			на границе раската	Wp	0,235	0,298	0,193	26
	Число пластичности, д.е.			Ip	0,194	0,240	0,172	26
	Показатель текучести, д.е.			IL	-0,18	0,09	-0,44	26
	Показатель текучести при водонасыщении, д.е.			Ilsat	-0,01	0,20	-0,28	26
	Коэффициент водонасыщения, д.е.			Sr	0,87	0,97	0,76	17
	Плотность, г/см³		частиц грунта	ρs	2,74	2,74	2,74	17
			грунта природная	ρ	2,02	2,13	1,86	17
			при водонасыщении	psat	2,07	2,17	1,96	17
			сухого грунта	ρd	1,68	1,84	1,51	17
	Коэффициент пористости, д.е.			e	0,63	0,82	0,49	17
Гранулометрический состав,%	Размер частиц, мм	20-10		A10	0,3	4,5	0,0	14
		10-5		A5	0,2	2,6	0,0	14
		5-2		A2	0,1	1,2	0,0	14
		2-1		A1	0,0	0,0	0,0	14
		1-0,5		A0,5	0,1	0,4	0,0	14
		0,5-0,25		A0,25	0,8	4,1	0,0	14
		0,25-0,1		A0,1	2,3	10,6	0,2	14
		0,1-0,05		A0,05	18,9	23,4	13,8	14
		<0,05		A<0,05	40,7	49,3	33,2	14
		<0,01		A<0,01	15,5	20,5	6,7	14
		<0,005		A<0,005	10,2	12,1	8,9	14
		<0,002		A<0,002	11,0	13,1	8,2	14
	Модуль деформации, МПа	по трехосному сжатию ест.вл.		E	22,1	23,1	21,2	6
		по трехосному сжатию вод-ие		E	18,3	21,8	16,3	6
		по стат. зондированию		E	-	-	-	-
		табл.А.7 СП 22.13330.2016		E	17,8	-	-	-
	Удельное сцепление, МПа	по трехосному сжатию ест.вл.		C	0,072	0,075	0,071	6
		по трехосному сжатию вод-ие		C	0,053	0,057	0,049	6
		по стат. зондированию		C	-	-	-	-
		табл.А.7 СП 22.13330.2016		C	0,042	-	-	-
	Угол внутрен.	по трехосному сжатию ест.вл.		φ	23	25	21	6
		по трехосному сжатию вод-ие		φ	19	23	16	6
		по стат. зондированию		φ	-	-	-	-
		табл.А.7 СП 22.13330.2016		φ	22	-	-	-

ВКР УлГТУ