

Санкт-Петербургский государственный университет

ШАЙНУРОВА Айгуль Римовна

Выпускная квалификационная работа

Оценка инженерно-геологических условий на территории Русско-Юрмашского сельсовета муниципального района Уфимский район Республики Башкортостан

Уровень образования: магистратура

Направление: *05.04.01 «Геология»*

Основная образовательная программа: *ВМ.5798.2020 «Гидрогеология и инженерная геология»*

Научный руководитель:
к. г.-м. н., А.А. Еремеева

Заведующий кафедрой:
к. г.-м. н., доц. С.Б. Бурлуцкий

Санкт-Петербург
2022

Оглавление

Введение	3
1. История геологического исследования	6
2. Физико-географические условия	8
3. Геологическое строение	16
4. Гидрогеологические условия	29
5. Свойства грунтов.....	34
6. Геологические и инженерно-геологические процессы	39
Заключение.....	67
ПРИЛОЖЕНИЕ № 1 Карта-схема территории изысканий с разрезами	71
ПРИЛОЖЕНИЕ № 2 Инженерно-геологические разрезы.....	72
ПРИЛОЖЕНИЕ № 3 Условные обозначения для инженерно-геологических разрезов	78
ПРИЛОЖЕНИЕ № 4 Каталог карстово-суффозионных воронок.....	79

Введение

Уфа – город с постоянным растущим населением. С каждым годом количество жителей только увеличивается, многие переезжают из сел и деревень в город. Для того чтобы обеспечить население в жилье, сносят здания старой Уфы и застраивают многофункциональными многоэтажными застройками. В связи с тесной застройкой города благоприятных участков для строительства становится меньше.

Нормативная территориальная база по изысканиям в сложных инженерно-геологических условиях устаревает и имеет расхождения с актуализированными федеральными нормативами, которые пересматриваются до сих пор. Это вызывает у «новых» изыскателей определенные трудности и, как следствие, обеднение выдаваемой проектировщиками геологической информации, которое приводит к усложнению конструкции фундаментов зданий и сооружений, удорожанию строительства, а недоучет геологических опасностей – к возможным аварийным ситуациям.

Для оценки геодинамической безопасности территории при картировании в крупном масштабе необходимо опираться на материалы исследований в мелком и среднем масштабах, то есть соблюдать одно из основных положений геологии – накопление информации от мелкомасштабных исследований к более крупномасштабным.

Городу требуется прогнозный картографический материал (комплекс крупномасштабных карт) активности развития опасных геологических процессов. Имеется большое количество информации, но она не актуализирована, имеющиеся схематические систематизации практически не используются, и постоянное отслеживание негативных геологических процессов не ведется.

В связи со строительством восточного выезда из города Уфа, территория исследования становится наиболее привлекательной для освоения и нового строительства.

Участки моего исследования требуют анализа для дальнейшей возможного строительства территории (общей площадью 400 га). Располагаются на земельных участках сельского поселения Русско-Юрмашский сельсовет муниципального района Уфимский район Республики Башкортостан:

- 1 участок – кадастровые участки 02:47:130601:174, часть 02:47:130601:173/2 (общей площадью 106 га);
- 2 участок – кадастровые участки 02:47:130601:146, 02:47:130601:150, часть 02:47:130601:171 (общей площадью 125 га);

- 3 участок – кадастровый участок 02:47:130601:147 (общей площадью 99 га);
- 4 участок – кадастровые участки 02:00:000000:2029, часть 02:47:130501:174 (общей площадью 70га).

Окрестности города Уфа характеризуются развитием опасных геологических процессов, поэтому при освоении территории большое внимание следует уделять: карсту, суффозии, оползням, эрозии, подтоплению и затоплению.

Актуальность моей дипломной работы – дать инженерно – геологическую оценку каждой территории и выбрать участки наиболее привлекательные для дальнейшего инженерного освоения.

Объект исследования: территория на земельных участках сельского поселения Русско-Юрмашский сельсовет муниципального района Уфимский район Республики Башкортостан

Предмет исследования: инженерно-геологические процессы.

Дипломная работа написана по материалам производственной практики в инженерно-геологическом отделе в ООО «УфаСтройизыскания» в период с 7 июня по 7 августа 2021 г.

Цель дипломной работы: анализ инженерно-геологических условий на территории Русско-Юрмашского сельсовета муниципального района Уфимский район Республики Башкортостан для дальнейшего гражданского строительства.

Задачи дипломной работы:

1. Сбор, обобщение геологической, инженерно-геологической, гидрогеологической информации по территории исследований, для формирования базы данных;
2. Анализ физико-географических, гидрологических условий и геологического строения территории;
3. Оценка территории по инженерно-геологическим условиям;
4. Анализ спутниковых снимков;
5. Составление картографической основы по опасным геологическим процессам.

Для решения этих задач выполнялись:

- изучение архивных материалов;
- анализ космоснимков;
- рекогносцировочные обследования;
- бурение;

- лабораторные исследования грунтов и воды;
- камеральные работы.

Исследовалось развитие карстовых, оползневых, эрозионных процессов, влияние подтопления, их распространение и интенсивность.

Для написания дипломной работы использовались результаты исследования производственной практики, фондовые материалы из архивов ООО «УфаСтройизыскания», ООО «Архстройизыскания», ЗАО «Стройизыскания», ООО «Геодинамика» учебные и методические пособия, интернет, опубликованные материалы.

Автор дипломной работы принимал непосредственное участие в работе по объекту «Проекты планировок и проекты межевания территорий, расположенных на территории сельского поселения Русско-Юрмашский сельсовет муниципального района Уфимский район Республики Башкортостан» и проанализировал 3 архивных отчетов.

Автором были проанализированы все полученные материалы, обобщены и составлены каталоги. Составлена карта фактического материала, построены инженерно-геологические разрезы, сделаны карты схемы опасных инженерно-геологических процессов, дана гидрогеологическая характеристика района исследований. Карта была составлена на топографической основе, которая сохранила элементы рельефа не затронутые антропогенной деятельностью человека.

Работа общим объемом 81 страницы состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы, 4 текстовых и графических приложения, содержит 14 таблиц, 20 рисунков и 13 фотографий.

По материалам дипломной работы опубликовано 2 статьи, входящих в перечень РИНЦ: в V Международной научно-практической конференции «Наука и инновации в современном мире» и в V Международной научно-практической конференции «Современный взгляд на науку и образование».

В написании дипломной работы существенную помощь автору оказали: научный руководитель от кафедры работы – А.А. Еремеева и директор ООО «УфаСтройизыскания» П.Е. Челпанов.

1. История геологического исследования

В 2004г. ООО «Архстройизыскания» по заказу №1362 на прилегающей территории выполнены инженерно-геологические изыскания на стадии рабочего проекта для проектирования опоры базовых станций сети СРТС в пос. Русский Юрмаш Уфимского района РБ [32]. Проведены работы по бурению 1 скважины глубиной 15м, статическое зондирование грунтов в 3-х точках, гидрогеологические наблюдения, лабораторные исследования грунтов и воды.

В 2009г. в 1,9 км юго-западнее участка изысканий ЗАО «Стройизыскания» по заказу №119-09 выполнены инженерно-геологические изыскания на стадии рабочего проекта для строительства школы на 550 мест в д. Шамонино Уфимского района РБ [34]. Проведены работы по бурению 9 скважин глубиной 12-60м, статическое зондирование грунтов в 7 точках, 1 экспресс-откачка воды в скважине, геофизические исследования (методами ВЭЗ, КВЗ, ГК, ГГК, МЗ), лабораторные исследования грунтов и воды.

Целью вышеперечисленных изысканий являлось изучение геолого-литологического строения, гидрогеологических условий участка, физико-механических и коррозионных свойств грунтов, выявление опасных геологических и инженерно-геологических процессов, районирование территории по категориям устойчивости к карстовым провалам.

В 2012-2013г. юго-западнее в непосредственном примыкании к участку изысканий ООО «Геодинамика» по заказу №357 выполнены инженерно-геологические изыскания на стадии рабочего проекта для реконструкции и усиления существующих дренажных систем, строительства защитных сооружений от подтопления новых кварталов д. Шамонино Уфимского района РБ [35]. Проведены работы по бурению 71 скважины глубиной 7,2-21м, 26 откачек и 2 налива воды в скважинах, лабораторные исследования воды, оборудованы 28 наблюдательных гидрогеологических скважин и 3 водомерных поста на р. Юрмаш, проведены наблюдения за режимом подземных вод в скважинах и поверхностных вод р. Юрмаш продолжительностью 10,5 месяцев. Выполнено математическое гидродинамическое моделирование участка изысканий с выдачей рекомендаций по инженерной защите территории от подтопления.

В 2021 г. ООО «Уфастройизыскания» по заказу №00820 были проведены исследования для проекта планировок и проекты межевания территорий, расположенных на территории сельского поселения Русско-Юрмашский сельсовет муниципального

района Уфимский район Республики Башкортостан. Проведены работы по бурению 57 скважин глубиной 12-74м, 9 экспресс-откачек воды в скважине, геофизические исследования (методами ГГК), лабораторные исследования грунтов и воды.

Целью вышеперечисленных изысканий являлось изучение геолого-литологического строения, гидрогеологических условий участка, физико-механических и коррозионных свойств грунтов, выявление опасных геологических и инженерно-геологических процессов, районирование территории по категориям устойчивости к карстовым провалам.

Сведения о проведении инженерно-геологических изысканий непосредственно на участке изысканий отсутствуют.

Нахождение участков изысканий в непосредственной близости, в пределах одних геоморфологических элементов, схожесть инженерно-геологический условий и физико-механических свойств грунтов дало возможность использования материалов инженерно-геологических изысканий как дополнение при написании данной дипломной работы.

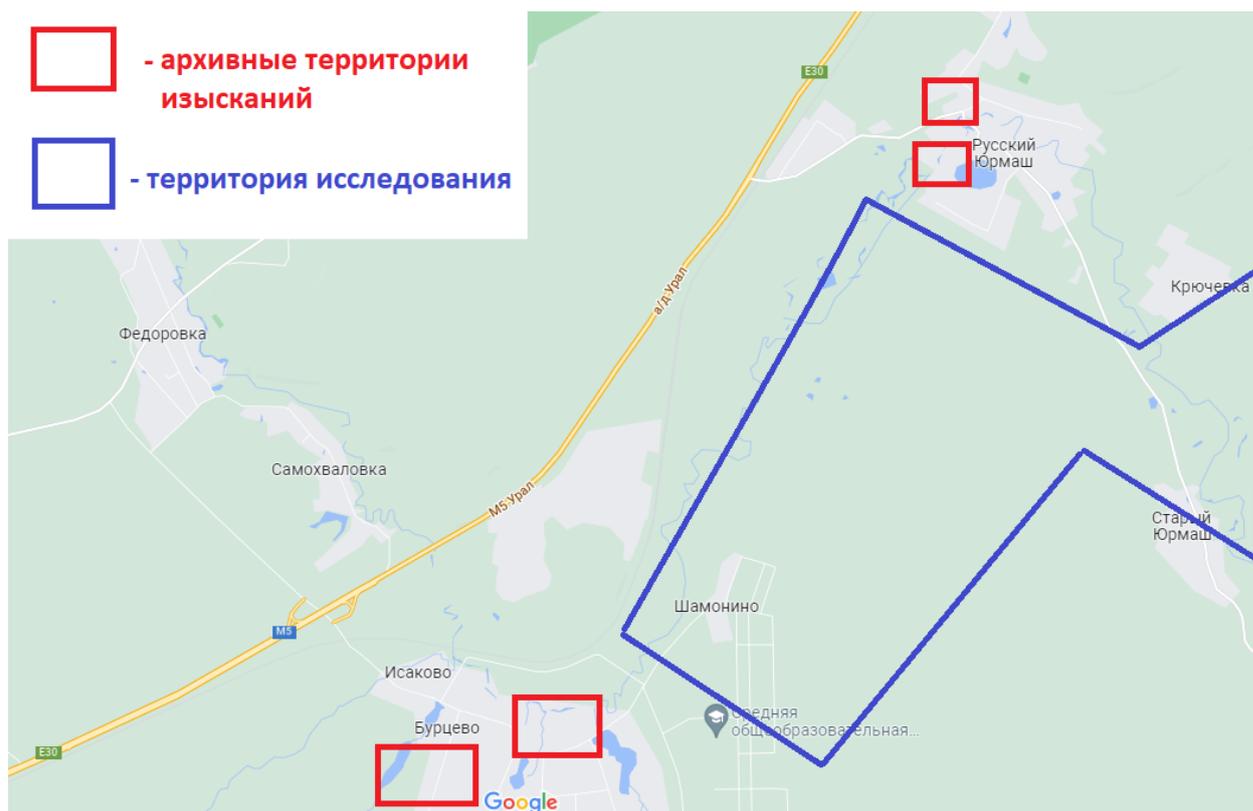


Рис. 1. Обзорная схема расположения и геологической изученности участка изысканий

2. Физико-географические условия

2.1. Геоморфология

В административном отношении участок изысканий расположен на территории сельского поселения Русско-Юрмашский сельсовет муниципального района Уфимский район Республики Башкортостан, на участках с кадастровыми номерами 02:47:130601:174, часть 02:47:130601:173/2, 02:47:130601:146, 02:47:130601:150, часть 02:47:130601:171, 02:47:130601:147, 02:00:000000:2029, часть 02:47:130501:174 (рис.2.1).



Контуры участков изысканий

Рис. 2. Обзорная карта участков исследований

В геоморфологическом отношении исследуемая территория приурочена к левобережной склоновой части долины р. Уфы, осложненной долиной р. Юрмаш, левого притока р. Уфы. Минимальное расстояние до р. Уфы составляет в среднем 8 км. Р. Юрмаш протекает на участке 4, непосредственно северо-восточнее участка 3 и от 100-500м западнее и до 1км северо-восточнее участка 2. На участке 4 севернее д. Крючевка протекает руч. Какушка, левый приток р. Юрмаш.

Рельеф участка естественный, с уклоном к р. Юрмаш. Абсолютные отметки поверхности земли изменяются от 112,3 до 160,7 м БС. Рельеф участка осложнён суффозионно-карстовыми воронками и понижениями, а также формами овражной эрозии.

Поверхностные проявления карстово-суффозионных процессов отмечаются в северной половине участка 2, а также значительной части участка 4 (северо-восточнее с. Старый Юрмаш) с преобладанием воронок суффозионного происхождения.

В северной половине участка 1 с юго-востока на северо-запад протягивается лог карстово-эрозионного происхождения. Длина в пределах участка составляет 1,9 км, ширина до 150 м, глубина до 1,0-1,2 м. Овраг корытообразной формы, с пологими склонами, покрыт ивняком. Продольный профиль оврага к устью пологий и к вершине более крутой, уклон изменяется от 0,01 до 0,06 д.е., средний уклон 0,02 д.е. В верхней части лога имеются отвержки. На бортах зафиксированы воронки суффозионного происхождения. В период проведения работ лог сухой.

Имеют развитие эрозионно-овражные процессы в восточной части участка 4, где северо-восточнее д. Старый Юрмаш расположен овраг Дубрава, раскрывающийся в долину р. Юрмаш.

Участок изысканий с запада, севера и северо-востока ограничивает р. Юрмаш, севернее располагается с. Русский Юрмаш, северо-восточнее – д. Крючевка, южнее – д. Шамонино, восточнее и южнее – с. Старый Юрмаш. Западнее в непосредственной близости к участку изысканий 2 находятся недействующие очистные сооружения. Далее западнее проходят железнодорожные пути и автодорога М5.

2.2. Гидрография

Река Юрмаш принадлежит к бассейну реки Кама. Берет начало на урочище Крупинское в 2,5 км к северо-западу от д. Мамаевка Иглинского района. Впадает, образуя озеро Старая Старица, в р. Уфа в 30 км от её устья. Длина 64 км, площадь бассейна 338 км².

Гидрографическая сеть к устью представлена средне, притоки представлены малыми реками, ручьями и временными водотоками (лога, балки, овраги).

Водосбор водотока имеет форму неправильного прямоугольника, вытянут вдоль его основного направления. Ориентирован с юго-востока на северо-запад. Несимметричен в плане и высотном отношении – верхняя часть отличается по высоте.

Долина ассиметричная, в плане извилистая, в поперечном сечении трапецеидальной формы. Склоны долины пологие, однако имеют выраженный уклон к реке. Высота склонов – до 50-60 м. Эрозия на склонах выражена в виде овражно-балочной сети.

Пойма водотока двухсторонняя, отчасти луговая, отчасти занятая древесно-кустарниковой растительностью. Рельеф поверхности поймы сформирован в результате развития русловых процессов водотока. Условия проточности по пойме средние (древесно-кустарниковые заросли).

Русло водотока слабоизвилистое, однорукавное, устойчивое. Высота берегов 1,5-3,0 м. На момент полевого обследования (сентябрь 2021 года) сток в водотоке наблюдался. Условия проточности в русле средние (сильная извилистость). Течение, несмотря на высокую скорость, близко к ламинарному – без бурунов и волн.

Ручей Какушка принадлежит к бассейну реки Кама. Берет начало у подножья отметки 183,6 м БС восточнее с. Русский Юрмаш Уфимского района. Протекает северо-востока на юго-запад по территории Уфимского района и вблизи д. Крючевка впадает в р. Юрмаш с правого берега на 37 км от устья.

Гидрографическая сеть к устью представлена слабо, притоки представлены только временными водотоками (лога, балки, овраги).

Водосбор водотока имеет форму неправильного прямоугольника, вытянут вдоль его основного направления. Ориентирован с северо-востока на юго-запад. Несимметричен в плане и высотном отношении – верхняя часть отличается по высоте.

Долина ассиметричная, в плане извилистая, в поперечном сечении трапецеидальной формы. Склоны долины крутые, имеют выраженный уклон к реке. Высота склонов – до 40-60 м. Эрозия на склонах выражена в виде овражно-балочной сети.

Пойма водотока двухсторонняя, отчасти луговая, отчасти занятая древесно-кустарниковой растительностью. Рельеф поверхности поймы сформирован в результате развития русловых процессов водотока. Условия проточности по пойме средние (древесно-кустарниковые заросли).

Русло водотока в период наличия стока извилистое. Высота берегов 1,5-3,0 м. На момент полевого обследования (сентябрь 2021 года) сток в водотоке отсутствовал (период

осенней межени после жаркого и засушливого лета). Условия проточности в русле в период наличия стока средние (сильная извилистость).

Овраг Дубрава в расчетных створах (створы пересечения) – это форма рельефа, в которой в период весеннего снеготаяния или при прохождении дождевых паводков образуется временный сток. Поверхностный сток может наблюдаться по тальвегу в течение одной – пяти недель во время весеннего снеготаяния или в течение 1-10 дней во время дождей. Большую часть года его склоны и тальвеги сухие, луговые, умеренно задернованные. Эрозия (боковая и глубинная) умеренная.

Лог (без названия) в расчетных створах (створы пересечения) – это форма рельефа, в которой в период весеннего снеготаяния или при прохождении дождевых паводков образуется временный сток. Поверхностный сток может наблюдаться по тальвегу в течение одной – пяти недель во время весеннего снеготаяния или в течение 1-10 дней во время дождей. Большую часть года его склоны и тальвеги сухие, луговые, умеренно задернованные. Эрозия (боковая и глубинная) умеренная.

Расчетные уровни высоких вод (РУВВ) 1% обеспеченности р. Юрмаш, руч. Какушка, оврага Дубрава и лога (участок 1.1) в расчетных створах приведены в таблице 2.2.1. Схема расположения расчетных створов приведена на рисунке 2.2.1.

Таблица 1 Расчетные уровни высоких вод 1% обеспеченности

Водоток	Номер участка	Створ	РУВВ, м
Р. Юрмаш	Участок 2	Верхний створ	112,3
		Нижний створ	110,4
	Участок 4	Верхний створ	117,1
		Нижний створ	115,65
	Участок 4	Верхний створ	119,34
		Нижний створ	118,3
Руч. Какушка	Участок 4	Верхний створ	126,71
		Нижний створ	121,24
Овраг Дубрава	Участок 4	Верхний створ	122,81
		Нижний створ	117,92
Лог (без названия)	Участок 1	Верхний створ	124,83
		Нижний створ	112,63

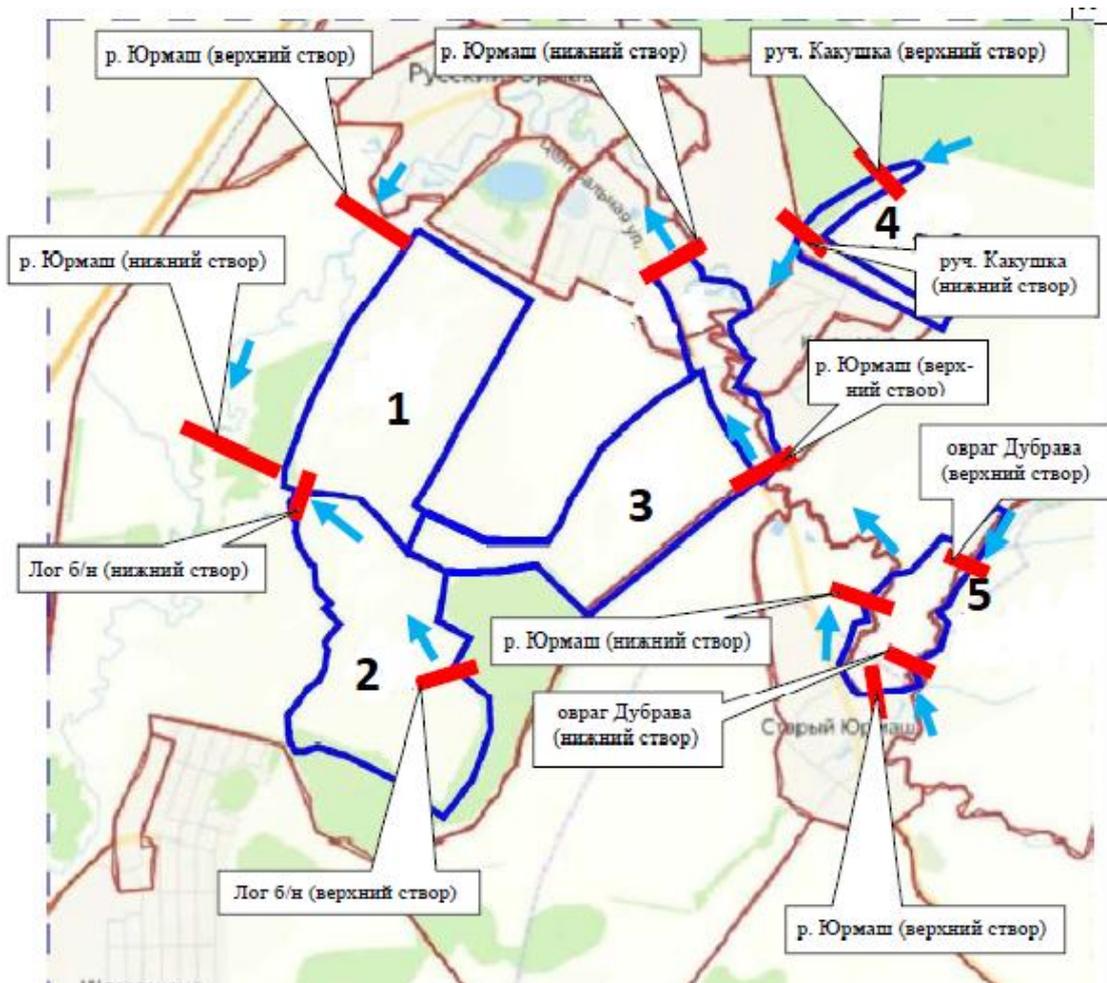


Рис. 3. Схема расположения участков и створов

2.3. Климат

По классификации Алисова Б.П. исследуемая территория относится к умеренной климатической зоне с атлантико-континентальным климатом средних широт Приуралья.

Климатические характеристики приняты согласно СП 131.13330.2018 по данным метеостанции г. Уфы (таблицы 2.2-2.9).

Таблица 2

Климатические параметры холодного периода года

		Станция	Уфа
Температура наиболее обеспеченностью	воздуха наиболее холодных суток, °С	0,98	-41
		0,92	-38
Температура наиболее обеспеченностью	воздуха наиболее холодной пятидневки, °С	0,98	-38
		0,92	-33
Температура воздуха, °С обеспеченностью 0,94			-18
Абсолютная минимальная температура воздуха, °С			-49

Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее холодного месяца, °С		8,9	
Продолжительность, сут и средняя температура воздуха, °С периода со средней суточной температурой воздуха,	≤0°С	Продолжительность	155
		Средняя температура	-9,5
	≤8°С	Продолжительность	209
		Средняя температура	-6,0
	≤10°С	Продолжительность	224
		Средняя температура	-5,0
Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца, %		82	
Средняя месячная относительная влажность воздуха в 15ч. наиболее холодного месяца, %		79	
Количество осадков, мм, за ноябрь-март		205	
Преобладающее направление ветра за декабрь-февраль		Ю	
Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, м/с		4,0	
Средняя скорость ветра, м/с за период со среднесуточной температурой <8°		3,1	

Таблица 3 Климатические параметры теплого периода года

Станция	Уфа
Барометрическое давление, гПа	1005
Температура воздуха, 0С, обеспеченностью 0,95	25
Температура воздуха, 0С, обеспеченностью 0,98	28
Средняя максимальная температура воздуха наиболее теплого месяца, 0С	25.5
Абсолютная максимальная температура воздуха, 0С	38
Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее теплого месяца, %	12.0
Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее теплого месяца, %	72
Средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 ч наиболее теплого месяца, %	55
Количество осадков за апрель-октябрь, мм	358
Суточный максимум осадков, мм	58
Преобладающее направление ветра за июнь-август	С
Максимальная из средних скоростей ветра за июль, м/с	0

Таблица 4 Средняя месячная и годовая температура воздуха, 0С

Станция	Уфа
I	-13.8
II	-12.7
III	-5.4
IV	5.2
V	13.2
VI	17.6
VII	19.4
VIII	17.0
IX	11.2
X	3.8
XI	-4.0
XII	-11.0
Год	3.4

Таблица 5 Среднее месячное и годовое парциальное давление водяного пара, гПа

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Уфа	2.0	2.0	3.2	6.0	8.8	12.7	15.4	13.6	9.7	6.1	3.9	2.6	7.2

Таблица 6 Суммарная солнечная радиация (прямая и рассеянная) на горизонтальную поверхность при безоблачном небе, кВт*ч/м²

Широта, о с.ш.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
54	38.5	68	138.5	184.5	234.5	243.5	244	196.5	142.5	85	44.5	29

Таблица 7 Средняя и максимальная суточная амплитуда температуры наружного воздуха

Уфа	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Средняя по мес.	6.8	8.0	8.4	9.1	11.3	11.8	10.8	11.4	10.1	6.7	6.0	6.7
Макс. по мес.	25.5	23.9	23.2	22.9	22.4	19.9	19	22.9	23.5	19.5	20.5	25.2

Снежный покров появляется в среднем 24 октября. За зиму высота снежного покрова в поле достигает 46 см, в отдельные зимы – от 21 до 72 см. В защищенном месте высота снежного покрова достигает 79 см, в отдельные зимы – от 36 до 118 см.

Таблица 8 Высота снежного покрова 5% обеспеченности за 1980-2009 гг.**

Станция	Уфа	
Высота снежного покрова 5% обеспеченности, см	78,6	
Параметры	Среднее	52,1
	Cv	0,25
	Cs	2,27
	Cs/Cv	9,00

** приведено на основании письма ФГБУ «Башкирское УГМС» от 27.06.2013 № 1-18-2295

Согласно СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*» район изысканий находится:

- по снеговым нагрузкам (по весу снегового покрова) – в V районе (2,5 кПа на 1 м² горизонтальной поверхности земли согласно таблице 10.1 Раздела 10 «Снеговые нагрузки» и карте 1 приложения Е СП 20.13330.2016);

- по давлению ветра – во II районе (0,30 кПа согласно таблице 11.1 подраздела 11.1 «Основная ветровая нагрузка» и карте 2 приложения Е СП 20.13330.2016);

- по толщине стенки гололеда на высоте 10 м над поверхностью земли – в III районе (10 мм согласно таблице 12.1 раздела 12 «Гололедные нагрузки» и карте 3 приложения Е СП 20.13330.2016);

- по нормативным значениям минимальной температуры воздуха – в районе с температурой минус 40°С (согласно карте 4 приложения Е СП 20.13330.2016);

- по нормативным значениям максимальной температуры воздуха – в районе с температурой плюс 34°С (согласно карте 5 приложения Е СП 20.13330.2016).

Согласно схематической карте зон влажности участок изысканий находится в сухой зоне – III-ей.

Согласно строительно-климатическому районированию для строительства, территория отнесена к I району, подрайону – IV.

Нормативная глубина сезонного промерзания грунта определяется согласно п.5.5.3 СП 22.13330.2016 по формуле:

$$d=d_0\sqrt{Mt},$$

где Mt – безразмерный коэффициент, численно равный сумме абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур за год в данном районе, принимаемых по СП 131.13330.2018;

d_0 – величина, принимаемая равной для суглинков и глин 0,23 м.

$$Mt=4+11+13,8+12,7+5,4=46,9$$

Нормативная глубина сезонного промерзания для глинистых грунтов составит:

$$d = 0,23 \times \sqrt{46,9} = 1,58 \text{ м.}$$

3. Геологическое строение

Район г. Уфы расположен в пределах восточной окраины Русской платформы, где ее кристаллический фундамент, перекрытый мощным комплексом осадочных пород, погружается в сторону Уральских гор. Осадочные породы весьма разнообразны, представлены известняками, доломитами, ангидритами, гипсами, мергелями, глинами, песчаниками. Они образовались в палеозое, мезозое и кайнозое, причем главная их масса накопилась в палеозое.

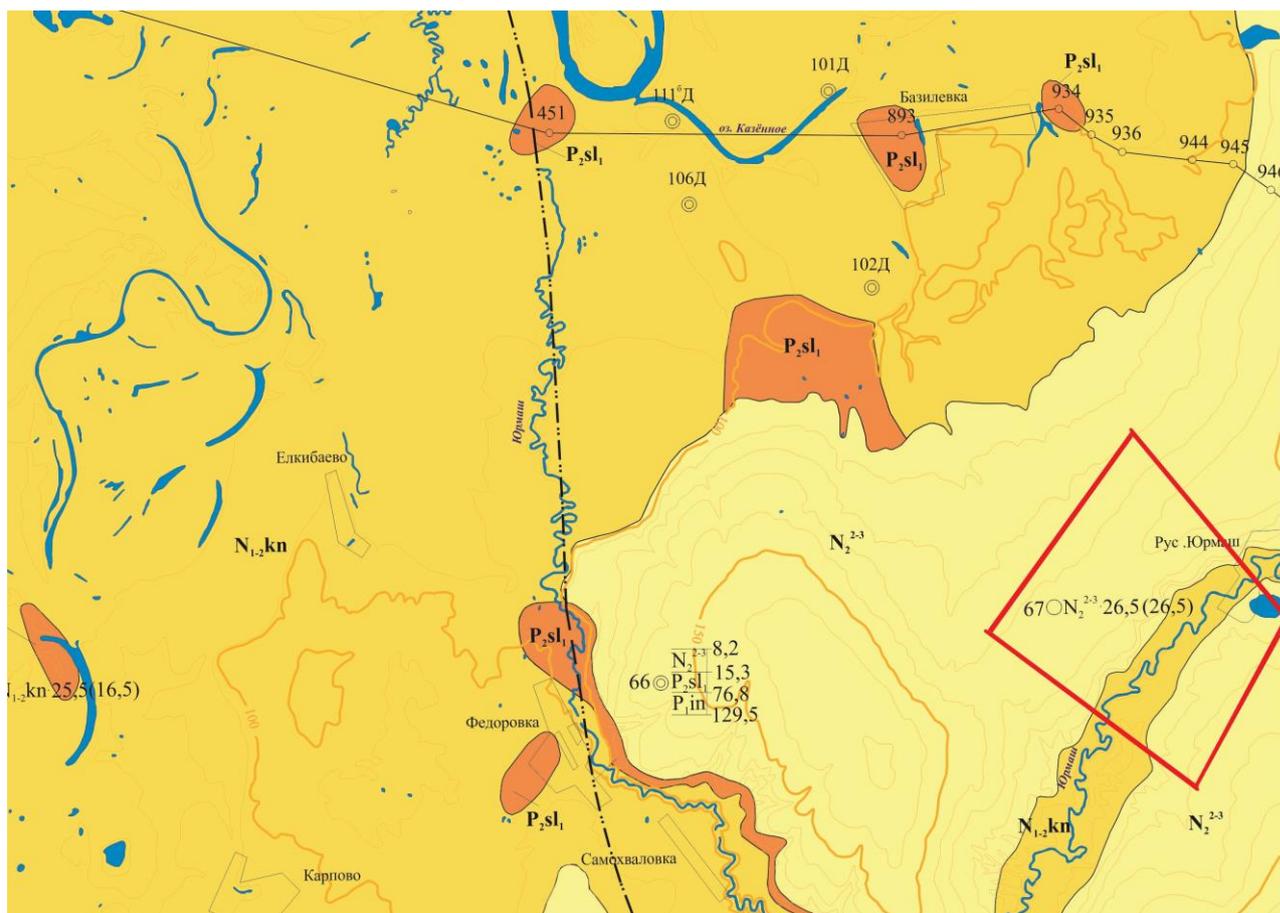


Рис. 4. Фрагмент геологической карты г. Уфы¹

¹Гришин Е.В. «Гидрогеологическая съемка с геоэкологическими исследованиями для составления схематических карт масштаба 1:50 000 в пределах листов N-40-40-Б,Г и N-40-41-А,В» Уфа : Башкиргеология, 2012 г.

Сводная стратиграфическая колонка

Группа	Система	Отдел	Ярус	Свита (горизонт)	Индекс	Литологическая колонка	Мощность, м	Краткая характеристика пород
Кайнозой	Четвертичная	Голоцен			hQ _{IV}		до 0.6 м	Почвенно-растительный слой
					adQ		до 20.0 м	Суглинок коричневый, от мягкопластичной до тугопластичной консистенции, местами твердый, просадочный, с прослоями супеси и песка (от светло-коричневого до темно-коричневого цвета, различного гранулометрического состава, мощн. до 7.0 м)
		Плиоцен	верхний	Общесыртовая	N ₂ ³ -Q		до 17.0 м	Глина и суглинки коричневые, полутвердой консистенции, с линзами песка, с включением марганцовистых и железистых бобовинок, карбонатизированный
			средний	Акчагыльская	N ₂ ak		до 36.0 м	Глина серого, темно-серого цвета, от полутвердой до твердой консистенции, с прослоями и линзами песка различного гранулометрического состава
			нижний	Кинельская	N ₂ kn		до 53.0 м	Глины серого, голубовато-серого и зеленовато-серого цвета, от полутвердой до твердой консистенции с включением гравия
	Пермская	Верхний	Уфимский	Шешминский горизонт	P ₁ ss		до 33.0 м	Глина от коричневого до темно-коричневого цвета, твердой консистенции, аргиллитоподобная, с прослоями аргиллита (темно-коричневого, фиолетового цвета, мощн. до 4.0 м).
							до 35.0 м	Известняк от светло-серого до темно-серого цвета, доломитизированный, кавернозный, трещиноватый, с отпечатками детритов; прослоями мергеля с включением дресвяно-щебенистого грунта, известковистого состава
			Соликамский горизонт	P ₁ sk		до 22.0 м	Глина от серого до зеленовато-серого цвета, твердая, с прожилками охристости и прослоями известняка, слабоагипсованная	
						до 35.0 м	Мергель зеленовато-серого цвета, выветрелый, с включением известняка разрушенного до дресвяно-щебенистого грунта	
								до 15.0 м
Нижний	Кунгурский	Иреньский горизонт	P ₁ kg		до 20.0 м	Гипс от белого до темно-серого цвета, кристаллический, различной прочности (от малопрочного до прочного), с глубиной трещиноватый, кавернозный, с прослоями мергеля, глины, доломита. В толще гипсов часто образуются полости заполненные глинисто-мергелистой рыхлой массой, с включением обломков гипса		

Рис. 5. Общая стратиграфическая колонка района исследования

3.1. Стратиграфия

В геологическом строении площадки до изученной глубины 76,0 м принимают участие четвертичная и неогеновая и пермская системы. Сводный геолого-литологический разрез по этапам (очереди) следующий (сверху - вниз).

Геологическое строение участка 1:

Четвертичная система (Q)

1. Почвенно-растительный слой (hQIV), имеет повсеместное распространение, вскрыт всеми скважинами мощностью 0,2-0,6м.

2. Глина (aQ, dQ, adQ) светло-коричневая, коричневая от твердой до мягкопластичной консистенции, с углистыми примазками и карбонатными стяжениями до 5-10%, редко с тонкими прослойками 3-5см песка коричневого мелкозернистого водонасыщенного. Грунты вскрыты повсеместно, мощность в скважине №2К достигает 16м.

Общесыртовая свита (N₂³-Q₁)

3. Глина коричневая, серая тугопластичная, полутвердая, с включением углистых примазок и прослойками песка коричневого мелкозернистого полимиктового. Грунты вскрыты в скважинах №№3К,18 мощностью 3,6-7,9м

Неогеновая система (N)

Акчагыльская свита (N₂ak)

4. Глина коричневая, светло-коричневая, светло-серая, бурая полутвердая, тугопластичная с включением гравия, прослоями песка разнозернистого, с редким включением щебня и дресвы карбонатных пород. Слой вскрыт в скважинах №№2К,3К мощностью 4,5-32 м, с максимальной мощностью в скважине №3К.

Кинельская свита (N₂kn)

5. Глина серая, голубовато-серая полутвердая, с прослоями мощностью от 3-5см до 0,1-0,3м песка темно-серого, серого разнозернистого водонасыщенного мощность. В скважине №2К единичные прослои песка вышеописанного мощностью 0,5-4,6м. Мощность слоя в скважине №2К – 20,5м, в скважине №3К вскрытая мощность глины 12м.

Пермская система (P)

Пермская система представлена уфимским и кунгурским ярусом. Грунты вскрыты в скважине №2К.

Уфимский ярус (P_{1u})

Представлен шешминским и соликамским горизонтами, сложенными карбонатно-терригенной пачкой: переслаиванием глины, песчаника, известняка различной мощности с подчиненным положением известняка.

Шешминский горизонт (P_{1ss})

6. Глина серая твердая с прослойками песчаника серого сильновыветрелого до песка среднезернистого (мощностью 3-5см) и песчаника серого скальный прочного и единичным прослоем известняка серого скального мощностью 0,2м. Мощность слоя 1,3-8,0м.

7. Песчаник серый мелкозернистый малопрочный, интервалами выветрелый до плотного песка, с прослойками мощностью 5-8см глины серой полутвердой, единичными прослоями мощностью 0,2-0,5м известняка серого скального малопрочного и прочного кавернозного трещиноватого, редко тонкие прослойки до 3-5см мергеля светло-серого выветрелого до глинистого состояния. Мощность слоя 2,2-6м.

8. Известняк серый скальный малопрочный кавернозный трещиноватый, интервалами с прослойками до 8см мергеля светло-серого выветрелого до глины. Мощность слоя 0,6-2,9м

Соликамский горизонт (P_{1sk})

9. Глина серая, зеленовато-серая, зеленовато-коричневая твердая, с прослойками до 5-8см и единичным прослоем 0,6м песчаника серого мелко- и среднезернистого скального малопрочного и известняка (мощностью до 0,8м) серого скального малопрочного трещиноватого, кавернозного. Мощность глины 1,5-4м.

10. Песчаник коричневый, серый выветрелый до плотного песка от мелко- до крупнозернистого, редкие включения черного галечника. Мощность 1,5м.

Кунгурский ярус (P_{1kg})

11. Гипс светло-серый скальный прочный трещиноватый. Вскрыт в скважине №2К на глубине 73,5м (абсолютная отметка 43,48м БС), вскрытая мощность 2,5м.

Геологическое строение участка 2:

Четвертичная система (Q)

1. Почвенно-растительный слой (hQIV), имеет повсеместное распространение, вскрыт всеми скважинами мощностью 0,2-0,4м.

2. Суглинок (adQ) коричневый, светло-коричневый, буровато-коричневый от мягкопластичной до полутвердой консистенции, с углистыми примазками 2-5%, включениями карбонатной дресвы 1-2%, с линзами песка коричневого пылеватого. Максимальная вскрытая мощность грунта 9,8м.

3. Глина (aQ, adQ) светло-коричневая, коричневая, буро-коричневая, серая от полутвердой до мягкопластичной консистенции, с углистыми примазками и карбонатными стяжениями до 5-10%, редко с тонкими прослойками песка пылеватого водонасыщенного и включениями карбонатной дресвы и галечника 2-3%. Максимальная вскрытая мощность грунта 9,7м.

4. Гравийный грунт (aQ) коричневый кварцево-кремнистого состава окатанный, включения 10-20% плохоокатанного карбонатного состава, плотный водонасыщенный с песчаным заполнителем 10-20%. В подошве 0,5м глина серо-бурая полутвердая жирная, с частыми прожилками и гнездами ожелезнения. Грунт вскрыт в скважине №1К мощностью 1,7м.

Неогеновая система (N)

Кинельская свита (N₂kn)

5. Глина темно-голубовато-серая, голубовато-серая, серая полутвердая, редко интервалами твердая, с включением обломков и цельных раковин до 2-5%, с прослойками мощностью до 0,2м песка темно-серого, серого пылеватого и редко супеси пластичной. Вскрытая мощностью грунта 43,7м (скважина №1К).

Геологическое строение участка 3:

Четвертичная система (Q)

1. Почвенно-растительный слой (hQIV), имеет повсеместное распространение, вскрыт всеми скважинами мощностью 0,3-0,5м.

2. Глина (dQ) коричневая полутвердая, тугопластичная с углистыми примазками до 5-10%, с прослоями мощностью 0,1м песка коричневого мелкозернистого полимиктового. Грунты вскрыты в южной половине участка (скважины №№1К,25-27) мощностью 7,8-9,7м.

3. Суглинок (aQ, adQ) коричневый, серо-коричневый тугопластичный, мягкопластичный, включения углистых примазок. Грунты вскрыты в северной половине участка (скважины №№28-33), максимальная вскрытая мощность 9,7м.

Общесыртовая свита (N₂³-Q₁)

4. Глина светло-коричневая, темно-коричневая, серо-коричневая полутвердая, в интервале 12,0-12,9м тугопластичная, с углистыми примазками и вкраплениями, в скважине №4К с прослойками до 3-5см песка коричневого мелкозернистого полимиктового. Грунты вскрыты в южной половине участка (скважины №№4К,26-30) максимальной мощностью 9,9м.

Неогеновая система (N)

Акчагыльская свита (N_{2ak})

5. Глина буро-коричневая, с глубины 24,0 м серо-коричневая, с 30,6 м светло-коричневая, твердая, в интервале 20,0-30,6 м с углистыми примазками и вкраплениями, в интервале 33,6-35,0 м с прослоями песка коричневого мелкозернистого полимиктового и с включением галечника. Слой вскрыт в скважине №4К мощностью 16 м.

6. Песок светло-коричневый мелкозернистый, с включением галечника, полимиктовый с прослойками глины светло-коричневой твердой. Слой вскрыт в скважине №4К мощностью 1,6м.

Пермская система (P)

Уфимский ярус (P_{1u})

Шешминский горизонт (P_{1ss})

7. Глина красно-коричневая твердая известковая охристая. Слой вскрыт в скважине №4К мощностью 10,2м

8. Мергель серый, светло-серый выветрелый до глинисто-щебенистого состояния, с гл. 56м выветрелый до глинистого состояния, с прослоями мощностью 0,1-0,4м известняка серого, темно-серого скального прочного трещиноватого кавернозного. Слой вскрыт в скважине №4К, вскрытая мощностью 12,2м.

Геологическое строение участка 4 (д. Крючевка):

Четвертичная система (Q)

1. Почвенно-растительный слой (hQIV), имеет повсеместное распространение, вскрыт всеми скважинами мощностью 0,3-0,6м.

2. Глина (aQ) коричневая, темно-коричневая, темно-серая, серо-коричневая от полутвердой до мягкопластичной консистенции, с углистыми примазками, участками в нижней части слоя с прослойками мощностью 5-10см песка серого мелкозернистого

водонасыщенного полимиктового. Грунты вскрыты юго-западнее дер. Крючевки (долина р. Юрмаш), максимальная мощность 10,8м.

3. Суглинок (аQ) коричневый, серовато-коричневый, серый тугопластичный, мягкопластичный, с включением карбонатной дресвы 1-2% и карбонатными стяжениями, с прослойками 5-10см песка коричневого, серого мелкозернистого полимиктового. Суглинок вскрыт в скважинах №№5К34,35, максимальная вскрытая мощность 5,7м.

4. Суглинок, глина (dQ) темно-коричневые, светло-коричневые, коричневые от твердой до тугопластичной консистенции, включения углистых примазок, участками с прослойками до 0,1м песка коричневого пылеватого полимиктового. Грунты вскрыты северо-восточнее дер. Крючевки, максимальная вскрытая мощность 9,7м.

Неогеновая система (N)

Акчагыльская свита (N₂ak)

5. Глина серая, светло-серая, светло-коричневая тугопластичная, прослоями мягкопластичная, с прослойками до 0,1м песка серого полимиктового мелко- и среднезернистого. Слой вскрыт в скважинах №№6К,7К мощностью 4,9-15м.

6. Песок серый от мелко- до крупнозернистого полимиктовый водонасыщенный, в интервале 17,2-17,5м глина серая полутвердая. Слой вскрыт в скважине №6К мощностью 2,5м.

Кинельская свита (N₂kn)

7. Глина голубовато- и зеленовато-серая, серая твердая, полутвердая, интервалами туго- и мягкопластичная жирная, с редким включением обломков раковин и карбонатной дресвы 2-3% и с прослойками мощностью 5-10см песка темно-серого пылеватого водонасыщенного. Грунты вскрыты в скважинах №№5К,6К,7К, максимальная вскрытая мощность 46м.

Геологическое строение участка 4 (д. Старый Юрмаш):

Четвертичная система (Q)

1. Почвенно-растительный слой (hQIV), имеет повсеместное распространение, вскрыт всеми скважинами мощностью 0,3-0,4м.

2. Глина (аQ) коричневая, коричнево-серая, серая от полутвердой до мягкопластичной консистенции, с прослоями мощностью до 0,1м песка серого, коричневого от пылеватого до средней крупности, полимиктового, реже с включением до 10% мелкой карбонатной дресвы, реже гравия и щебня (от плохоокатанного до

неокатанного), с углистыми примазками, с редким включением обломков раковин, растительных остатков. Грунты вскрыты в долине р. Юрмаш (скважины №№9К,46-48), максимальная вскрытая мощность 9,7м.

3. Суглинок (аQ) коричневый от полутвердой до мягкопластичной консистенции, с углистыми примазками, с гнездами ожелезнения, с редкими включениями гравия, с прослойками мощностью до 0,1м песка коричневого пылеватого, среднезернистого полимиктового. Грунты вскрыты в долине р. Юрмаш (скважины №№9К,46,47) мощностью 1,5-6,6м.

4. Песок (аQ) коричневый гравелистый водонасыщенный полимиктовый. Вскрыт в скважине №47, вскрытая мощность 1,4м.

Общесыртовая свита ($N_2^3-Q_1$)

5. Глина коричневая, темно-коричневая твердая, тугопластичная с углистыми примазками и вкраплениями. Грунты вскрыты в скважинах №№8К,44,45 мощностью 1,1-7,7м. Максимальные мощности вскрыты в скважине №8К.

Неогеновая система (N)

Акчагыльская свита (N_2ak)

6. Глина серая, темно-коричневая, светло-коричневая, пестроцветная (светло-коричневая, оранжевая, серая) от полутвердой до мягкопластичной, с прослоями песка мощностью до 0,1м мелкозернистого, с включением мелкого гравия и дресвы карбонатных пород, редко с углистыми вкраплениями. Слой вскрыт в скважинах №№8К,9К,44,45 мощностью 1,5-9,6 м, с максимальной мощностью в скважине №8К, в скважине №45 вскрытая мощность составила 8,5м.

7. Песок серый средней крупности и крупный, с гл. 15м гравелистый, кварцево-кремнистого состава водонасыщенный, с прослойками глины серой с включением гравия и щебня до 5%. Грунты вскрыты в скважине №9К единичным прослоем в глинах мощностью 2,0м.

8. Гравийный грунт серый кварцево-кремнистого состава водонасыщенный, с включением карбонатного щебня и дресвы до 5-10%, с единичными прослойками глины серой песчанистой. Грунты вскрыты в скважине №9К единичным прослоем в подошве акчагыльской свиты мощностью 1,4м.

Кинельская свита (N_2kn)

Отложения кинельской свиты вскрыты в скважине №8К.

9. Глина голубовато-серая, серая полутвердая однородная. Мощность 9,5м.

10. Песок коричневый, светло-коричневый мелкозернистый полимиктовый с прослойками глины светло-серой тугопластичной. С гл. 28м песок светло-серый от мелко- до крупнозернистого. Мощность 3,3м.

Элювиально-делювиальные неогеновые отложения (edN₂)

Элювиально-делювиальные неогеновые отложения представлены породами, образовавшимися в пермский период и переотложенными путём сноса с коренного склона в неогеновый период. В разрезе преобладают глины с прослоями крупнообломочного грунта.

11. Глина светло-серая, серая, темно-коричневая полутвердая, тугопластичная брекчированная неоднородная, с включением до 10-30% и прослойками плохоокатанных и неокатанных дресвы и щебня карбонатного состава и редким включением до 5% щебня гипса серо-белого мелко- и скрытокристаллического. В скважине №9К в интервале 27,8-28,8м глина рыже-коричневая, охристая с включением до 20-30% гравия кварцево-кремнистого состава и карбонатной дресвы до 5%, в интервале 28,8-30м глина слабозагипсованная (прожилки сахаровидного выветрелого гипса), с включением до 10-20% дресвы и щебня гипса серо-белого мелкокристаллического, известняка светло-серого и реже кремния светло-серого. Грунты вскрыты в скважинах №№8К,9К,44 мощностью 4,8-11,6м.

12. Дресвяно-щебенистый грунт светло-серый неокатанный кавернозный карбонатного состава 70-90% (известняк, мергель) и гипса мелко- и скрытокристаллического 10-30%, прослоями с глинистым наполнителем коричнево-серым, светло-серым, рыже-коричневым 10-30%. Грунты вскрыты в скважинах №№8К,9К в виде прослоев в глине мощностью 1,2-2,6м.

Пермская система (P)

Соликамский горизонт (P_{1sk})

Отложения соликамского горизонта вскрыты в скважине №8К.

13. Глина светло-серая, темно-серая, светло-коричневая полутвердая, тугопластичная, единично интервалами с редкими тонкими прослойками до 3см мергеля светло-серого, белого выветрелого до мучнистого состояния и песчаника выветрелого до песка. В интервале 45,6-45,9м гипс серый, светло-серый скальный малопрочный трещиноватый. Мощность глины 8,0м.

14. Гипс серый, светло-серый скальный малопрочный сильноветрелый трещиноватый. Вскрыт на глубине 51,6м (абсолютная отметка 72,52м БС) мощностью 1,4м.

15. Ослабленная зона, представлена: глина темно-серая тугопластичная с включением гипса светло-серого сильноветрелого полускального. Вскрыта в скважине №8К на глубине 53,0м (абсолютная отметка 71,12м БС) мощностью 3,0м.

Кунгурский ярус (P₁kg)

16. Гипс светло-серый, серо-белый от мелко- до крупнокристаллического скальный прочный слаботрещиноватый, трещиноватый (по трещинам залечен селенитом). Вскрыт в скважинах №№8К,9К на глубине 50,0-56,0м (абсолютные отметки 68,12-69,29м БС), вскрытая мощность 4,0-6,0м.



Фото. 1. Загипсованный известняк в виде гнезд на участке 4

Результаты гамма-каротажа, выполненного в карстологических скважинах, приведены в таблице 4.1.

Таблица 9

Результаты гамма-каротажа

Возраст	Грунт	Значение естественной радиоактивности, мкР/ч
	Глины, суглинки с прослоями песка	4,0-12,6
	Песок	1,8-3,9
$N_2^3-Q_1$	Глина	6,8-12,9
N_{2ak}	Глина с прослоями песка	5,4-12,1
	Песок, гравий	2,0-4,2
N_{2kn}	Глина с прослоями песка	4,0-13,9
	Песок	2,3-4,0
edN_2	Глина с включением крупнообломочного грунта (щебень, дресва)	3,1-8,1
	Крупнообломочный грунт (щебень, дресва)	1,3-2,1
P_{1ss}	Глина	5,7-10,1
	Песчаник	2,6-4,1
	Известняк	1,2-1,7
	Мергель	3,9-4,0
P_{1sk}	Глина	6,8-10,2
	Песчаник	4,0-4,3
	Известняк	1,7-1,8
	Гипс	1,2-1,5
P_{1ir}	Гипс	0,4-1,9

3.2. Тектоника

Уфимский полуостров расположен на юго-восточной окраине Восточно-Европейской платформы в пределах крупной Камско - Бельской депрессии, в её структурном элементе Благовещенской впадине непосредственное влияние на рельеф полуострова оказывают структуры кунгурских гипсов и ангидритов.

Через территорию г. Уфы – Черкасско-Стерлибашевский вал. Структура имеет простирание с северо- и северо-востока на юго- юго-запад. Состоит из системы линейно

вытянутых значительно приподнятых брахиантиклиналей – широких куполовидных складок. В местах развития этих складок кунгурские породы приближаются к поверхности.

В южной части Бельско-Уфимского междуречья выделяется Глумилинская структура, осложненная на юге Сутолокской синклиналью (депрессия палеозойского ложа), в последствие чего распадается на две антиклинали: Бельско-Сутолокскую и Уфимско-Сутолокскую, соответствующие междуречьям Белой и Уфы.

Синклинальная структура осложнена серией мелких куполообразных поднятий и погружений, образование которых обусловлено гидратацией ангидритов. Пермские породы сильно трещиноваты. Структуры были сформированы в эпоху герцинской складчатости.

Пермские гипсы в связи со складчатостью то поднимаются над урезом воды в реках, то погружаются ниже его.

В правом склоне долины р. Уфа поверхность гипсов располагается на высоте 50-60 м. У Каменного перевоза гипсы вовсе отсутствуют в обнажении правого склона. У последней излучины начинают слагать нижнюю его часть, а в Лысой горе поверхность гипсов поднимается над уровнем воды на 50 м.

Местами реки подрезают брахиантиклинали, это ясно можно обнаружить из-за наклона пластов в разные стороны, т.е. их антиклинальное залегание.

Образование складок связывают с различными процессами. Главную роль в их формировании сыграли неравномерные поднятия и опускания земной коры и боковое сжатие. Основной рост структур происходил в предкунгурское и послекунгурское время, что было связано с резким усилением вздымания земной коры и горообразовательными движениями на Урале. В этот период в связи с давлением с востока сформировалась структура Черкасско-Стерлибашевского вала вместе с осложняющими его прогибами и поднятиями.

В пределах впадины кристаллический фундамент ступенчато погружается на восток на глубину (по данным геофизики) до 8-20 км. В додевонское время территория подверглась сильному и длительному размыву, в результате которого палеозойский комплекс лежит несогласно на поверхности рифейско-ведского комплекса. В формировании палеозойского структурного этажа территории наиболее активно участвовали герцинские и альпийские циклы тектогенеза. Герцинский цикл характерен тем, что весь период его действия в палеозойском комплексе платформы шла

перестройка территории. В мезозое она имела признаки морфоструктурного строения, а к концу герцинского цикла приобрела структурный облик, схожий с современными очертаниями. В альпийский (неотектонический) цикл глыбовые перемещения по разломам, вызванные тангенциальными сжатиями, завершили оформление её структур, доведя в неогеновое время их тектоническую выраженность до современного вида.

Плато, заключенное между р. Уфой и Белой, в основном своем геологическом строении и характере рельефа определяется сутолокской депрессией. Установлено, что пласты пермских пород падают к осевой части этой депрессии, как с запада от р. Белой, так и с востока от р. Уфы. Таким образом это нарушение имеют форму синклинали. Ось этой складки подымается в северном направлении.

4. Гидрогеологические условия

Гидрогеологические условия участка изысканий до изученной глубины 76 м характеризуются распространением следующих водоносных горизонтов подземных вод:

- водоносный горизонт в четвертичных отложениях;
- водоносный горизонт в неогеновых отложениях;
- водоносный горизонт в уфимских отложениях;
- водоносный горизонт в гипсах.

Водоносный горизонт в четвертичных отложениях

В период проведения буровых работ (июль, август 2021г.) подземные воды в четвертичных отложениях в скважинах вскрыты и установились на глубине от 2,0-4,4 до 9,0м от дневной поверхности (абсолютные отметки 109,19-129,78м БС). Водоносный горизонт является первым от дневной поверхности.

По данным материалов стационарных наблюдений за режимом подземных вод в деревня Шамонино по заказу №357 [35] (июль 2012г. – май 2013г.) минимальные уровни подземных воды водоносного горизонта в четвертичных отложениях фиксировались в августе и октябре и составили 0,60-10,62 м (абсолютные отметки 104,33-134,62м БС), максимальные – в апреле – +0,26-8,54 м (абсолютные отметки 106,91-138,28м БС). Годовая амплитуда колебания уровня составила 0,57-3,94 м.

Воды безнапорные, со свободным уровнем, приурочены к четвертичным суглинкам и глинам с прослоями песка, а также к верхней части общесыртовых глин с прослойками песка на участках, где общесыртовые глины подстилают четвертичные отложения или выходят на поверхность, образуя единый водоносный горизонт. Водоупором служат более плотные полутвердые глинистые разности.

Водоносный горизонт преимущественно распространен в долине р. Юрмаш (участок 2, северная половина участка 3, участок 4 – юго-западнее д. Крючевка и д. Старый Юрмаш).

В склоновой части (участок 1, южная половина участка 3, участок 4 – северо-восточнее д. Крючевка) подземные воды не вскрыты за исключением скважин №№18,40. Однако тугопластичная консистенция глинистых разностей в разрезе скважин позволяет прогнозировать появление воды здесь в водообильные периоды года, а не вскрытие подземных вод связано с маловодностью последних месяцев и отсутствием питания горизонта.

В скважине №45 кровля неогеновых отложений залегает на глубине 1,5 от дневной поверхности, уровень подземных вод здесь зафиксирован на глубине 4,7м (абсолютная отметка 121,47м БС). Подземные воды в неогеновых глинах с прослойками песка на этом участке имеют гидравлическую связь с водоносным горизонтом в четвертичных отложениях, образуя с ним единый водоносный горизонт.

Питание водоносного горизонта происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков, подпора поверхностными водами р. Юрмаш в паводковый период, разгрузка происходит в местную эрозионную сеть, представленную долиной р. Юрмаш с сетью оврагов, а также за счет перетоков подземных вод в нижележащие водоносные горизонты через разуплотненные зоны, гидрогеологические «окна». Направление потока подземных вод в сторону р. Юрмаш.

Урез поверхностных вод р. Юрмаш в пределах участка изысканий на 17, 22.08.2021г. составил 112,28-115,95м. Расчетный уровень высоких вод затопления паводковыми водами р. Юрмаш 110,4-119,34м.

По химическому составу подземные воды гидрокарбонатные кальциевые, гидрокарбонатные кальциево-магниевые, гидрокарбонатно-сульфатные кальциевые с общей минерализацией 0,43-0,67 г/л.

По данным материалов изысканий по заказу №357 [35] по химическому составу подземные воды гидрокарбонатные кальциево-натриевые, гидрокарбонатные кальциевые, гидрокарбонатные кальциево-магниевые с общей минерализацией 0,36-0,74 г/л.

По содержанию основных компонентов согласно табл. В.3 СП 28.13330.2017, содержанию сульфатов (8-99 мг/л) и гидрокарбонатов (4,9-7,9 мг×экв/л) согласно табл. В.4 СП 28.13330.2017, подземные воды по отношению к конструкциям из бетона марки по водонепроницаемости W4-W8 на портландцементе – неагрессивные. По степени агрессивного воздействия на металлические конструкции, согласно табл. Х.3 СП 28.13330.2017, подземные воды являются среднеагрессивными (суммарная концентрация сульфатов и хлоридов – менее 5 г/л).

Коэффициенты фильтрации водовмещающих отложений по результатам выполненных опытно-фильтрационных работ с учетом материалов изысканий прошлых лет [35] составляют: суглинки 0,01-0,91 м/сут (согласно табл. В.4 ГОСТ 25100-2020 грунты по водопроницаемости от слабоводопроницаемых до водопроницаемых); глины с прослойками песка – 0,06-0,41 м/сут (грунты от слабоводопроницаемых до водопроницаемых).

Максимальный прогнозируемый уровень водоносного горизонта с учетом амплитуды колебания подземных вод в долинных и склоновых условиях (согласно данным систематическо-го изучения режима подземных вод Башкирской гидрогеологической станцией [41]) и материалов стационарных наблюдений по заказу №357 на прилегающей территории [35] на участке ожидается на 2-4 м выше зафиксированного при изысканиях (абсолютные отметки 111,7-134,5м БС). Максимальные уровни ожидаются в пойме р. Юрмаш, где уровенный режим тесно связан с гидрологическим режимом р. Юрмаш (участок 4 – д. Крючевка, д. Старый Юрмаш).

Максимальные прогнозируемые уровни подземных вод приведены на инженерно-геологических разрезах (графическая часть, листы №№13-33).

Водоносный горизонт в неогеновых отложениях

Подземные воды водоносного горизонта в период проведения буровых работ (июль, август 2021г.) вскрыты в карстологических скважинах №№1К,2К,5К,6К,7К,9К на глубине 12-28м от поверхности земли (абсолютные отметки 94,58-125,33м БС), установились уровни на глубине 3,1-28м от поверхности земли (абсолютные отметки 103,28-125,33 м БС). Воды слабонапорные, с величиной напора 2,8-16,6м, участками безнапорные.

Подземные воды спорадического распространения, приурочены к глинам с прослоями песка, пескам, гравию. Верхним водоупором служат неводонасыщенные глины, нижним – уфимские глины. Питание водоносного горизонта происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков в местах выхода неогеновых отложений на поверхность, перетоков подземных вод из вышележащего водоносного горизонта через разуплотненные зоны, разгрузки подземных вод из уфимских отложений, а также восходящей циркуляции гипсовых вод (содержание сульфатов по лабораторным данным достигает 143 мг/л). Разгрузка подземных вод происходит в местную эрозионную сеть, а также в вышележащий водоносный горизонт.

По химическому составу подземные воды гидрокарбонатные кальциевые, кальциево-магниевые, кальциево-натриевые, гидрокарбонатно-сульфатные кальциевые с общей минерализацией 0,54-0,81 г/л.

По данным материалов изысканий по заказу №357 [35] по химическому составу подземные воды гидрокарбонатные кальциевые с общей минерализацией 0,63 г/л.

По содержанию основных компонентов согласно табл. В.3 СП 28.13330.2017, содержанию сульфатов (13-143 мг/л) и гидрокарбонатов (6,2-9 мг×экв/л) согласно табл.

В.4 СП 28.13330.2017, подземные воды по отношению к конструкциям из бетона марки по водонепроницаемости W4-W8 на портландцементе – неагрессивные. По степени агрессивного воздействия на металлические конструкции, согласно табл. X.3 СП 28.13330.2017, подземные воды являются среднеагрессивными (суммарная концентрация сульфатов и хлоридов – менее 5 г/л).

Коэффициенты фильтрации водовмещающих отложений по результатам выполненных опытно-фильтрационных работ с учетом материалов изысканий прошлых лет [35] составляют: глины с прослоями песка 0,08-0,11 м/сут (согласно табл. В.4 ГОСТ 25100-2020 грунты по водо-проницаемости слабоводопроницаемые); глины с включением дресвы и щебня – 0,39 м/сут (грунты водопроницаемые), песок гравелистый, гравий – 10,1-22,7м/сут (грунты сильноводопроницаемые).

Водоносный горизонт в уфимских отложениях

Подземные воды водоносного горизонта в период проведения буровых работ (июль, август 2021г.) вскрыты и установились в карстологической скважине №4К на глубине 50м от поверхности земли (абсолютная отметка 102,61м БС). Воды безнапорные, приурочены к мергелям выветрелым до глинисто-щебенистого состояния с прослоями известняка. Верхним и нижним водоупорами служат уфимские глины. Питание водоносного горизонта происходит за счет, перетоков подземных вод из вышележащих водоносных горизонтов через разуплотненные зоны, а также восходящей циркуляции гипсовых вод (содержание сульфатов по лабораторным данным достигает 122 мг/л). Разгрузка подземных вод происходит в нижележащий водоносный горизонт.

По химическому составу подземные воды гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-магниевые с общей минерализацией 0,64 г/л.

Водоносный горизонт в гипсах

Подземные воды водоносного горизонта в период проведения буровых работ (июль, август 2021г.) вскрыты в карстологических скважинах №№2К,8К,9К на глубине 50-73,5м от поверхности земли (абсолютные отметки 43,48-72,52м БС), установились уровни на глубине 7,4-15,0м от поверхности земли (абсолютные отметки 101,98-111,89 м БС). Воды напорные, с величиной напора 38,6-58,5м.

По материалам изысканий прошлых лет подземные воды вскрыты на глубине 41,8м (абсолютная отметка 71,25м БС), установились на глубине 6,6м (абсолютная отметка 106,45м БС).

Подземные воды приурочены к гипсам. Верхним водоупором служат глины уфимские и неогеновые. Питание водоносного горизонта происходит за счет разгрузки подземных вод из вышележащих водоносных горизонтов через разуплотненные зоны. Разгрузка подземных вод происходит в вышележащие водоносные горизонты за счет восходящей циркуляции, а также за счет дренирования речными долинами.

По химическому составу подземные воды сульфатные кальциевые, сульфатно-гидрокарбонатные кальциевые с общей минерализацией 1,20-2,28 г/л, гипсовая емкость составляет 0,48-1,35 г/л, что характеризует воды по отношению к гипсам как слабо- и среднеагрессивные.

По данным материалов изысканий прошлых лет по химическому составу подземные воды сульфатные кальциевые с общей минерализацией 2,6 г/л, гипсовая емкость составляет 0,75 г/л, что характеризует воды по отношению к гипсам как слабоагрессивные.

Коэффициенты фильтрации водовмещающих отложений по результатам выполненных опытно-фильтрационных работ с учетом материалов изысканий прошлых лет [34] составляют: гипсы трещиноватые и сильнотрещиноватые – 14,4-26,2 (согласно табл. В.4 ГОСТ 25100-2020 грунты по водопроницаемости сильноводопроницаемые); гипсы слаботрещиноватые – 10,6м/сут (грунты сильноводопроницаемые).

5. Свойства грунтов

Исходя из геолого-литологического строения и физико-механических свойств (ФМС) грунтов, в разрезе участка до глубины 10 м выделены 4 расчетных грунтовых элемента (РГЭ):

- РГЭ-1 – суглинок четвертичный;
- РГЭ-2 – глина четвертичная;
- РГЭ-3 – глина общесыртовая;
- РГЭ-4 – глина неогеновая.

Почвенно-растительный слой в отдельный элемент не выделяется и в пределах участка проектируемого строительства подлежит срезке для последующего использования в целях восстановления (рекультивации) нарушенных земель, озеленения района застройки.

Распространение и мощности выделенных элементов приведены на инженерно-геологических разрезах.

РГЭ-1 – суглинок четвертичный

Предельные и нормативные значения основных показателей физико-механических свойств грунтов РГЭ-1 по данным лабораторных исследований приведены в таблице 10.



Фото 2. Выполнение опыта по определению удельного сцепления при природной влажности грунта

Таблица 10

РГЭ-1 суглинок четвертичный

Наименование показателей	Ед. Изм.	Кол-во опред.	Нормативное значение
Влажность естественная	ед.	15	0,281
Влажность границы текучести	ед.	15	0,352
Влажность границы пластичности	ед.	15	0,205
Число пластичности	ед.	15	0,147
Показатель текучести	ед.	15	0,52
Коэффициент водонасыщения	д.е.	15	0,96
Плотность частиц грунта	г/см ³	15	2,70
Плотность природная	г/см ³	15	1,93
Плотность сухого грунта	г/см ³	15	1,51
Коэффициент пористости	ед.	15	0,791
Угол внутреннего трения	град	11	16
Удельное сцепление	Мпа	11	0,020
Модуль деформации ед	МПа	15	12,1

Согласно таблицам Б.13, Б.16, Б.20, В.5, В.7 ГОСТ 25100-2020 грунты РГЭ-1 классифицируются как суглинок мягкопластичный, по деформируемости – среднедеформируемый, по сопротивлению сдвигу – низкой и очень низкой прочности. Просадочными ($\xi_{sl} < 0,01$) и набухающими ($\xi_{sw} < 0,04$) свойствами грунты данного элемента не обладают.

РГЭ-2 – глина четвертичная

Предельные и нормативные значения основных показателей физико-механических свойств грунтов РГЭ-2 по данным лабораторных исследований приведены в таблице 11.

Таблица 11

РГЭ-2 глина четвертичная

Наименование показателей	Ед. Изм.	Кол-во опред.	Нормативное значение
Влажность естественная	ед.	36	0,276
Влажность границы текучести	ед.	36	0,451
Влажность границы пластичности	ед.	36	0,233
Число пластичности	ед.	36	0,218
Показатель текучести	ед.	36	0,21
Коэффициент водонасыщения	д.е.	36	0,92
Плотность частиц грунта	г/см ³	36	2,73
Плотность природная	г/см ³	36	1,92
Плотность сухого грунта	г/см ³	36	1,51
Коэффициент пористости	ед.	36	0,813

Угол внутреннего трения	град	21	14
Удельное сцепление	Мпа	21	0,042
Модуль деформации ед	МПа	21	27,7



Фото 3. Выполнение опыта по определению пластичности грунта

Согласно таблицам Б.13, Б.16, Б.20, В.5, В.7 ГОСТ 25100-2020 грунты РГЭ-2 классифицируются как глина полутвердая, по деформируемости - среднедеформируемая, по сопротивлению сдвигу - средней прочности. Просадочными ($\xi_{sl} < 0,01$) и набухающими ($\xi_{sw} < 0,04$) свойствами грунты данного элемента не обладают.

РГЭ-3 – глина общесыртловая

Предельные и нормативные значения основных показателей физико-механических свойств грунтов РГЭ-3 по данным лабораторных исследований приведены в таблице 12.

Таблица 12

РГЭ-3 глина общесыртловая

Наименование показателей	Ед. Изм.	Кол-во опред.	Нормативное значение
Влажность естественная	ед.	3	0,275
Влажность границы текучести	ед.	3	0,450
Влажность границы пластичности	ед.	3	0,233

Число пластичности	ед.	3	0,217
Показатель текучести	ед.	3	0,21
Коэффициент водонасыщения	д.е.	3	0,95
Плотность частиц грунта	г/см ³	3	2,73
Плотность природная	г/см ³	3	1,94
Плотность сухого грунта	г/см ³	3	1,52
Коэффициент пористости	ед.	3	0,796
Угол внутреннего трения	град	2	17
Удельное сцепление	Мпа	2	0,044
Модуль деформации ед	МПа	2	31,8

Согласно таблицам Б.13, Б.16 ГОСТ 25100-2020 грунты РГЭ-3 классифицируются как глина полутвердая. Просадочными ($\xi_{sl} < 0,01$) и набухающими ($\xi_{sw} < 0,04$) свойствами грунты данного элемента не обладают.

РГЭ-4 – глина неогеновая

Нормативные значения основных показателей физико-механических свойств грунтов РГЭ-4 по данным материалов изысканий приведены в таблице 13:

Таблица 13

РГЭ-4 глина неогеновая

Наименование показателей	Ед. Изм.	Кол-во опред.	Нормативное значение
Влажность естественная	ед.	3	0,270
Число пластичности	ед.	3	0,18
Показатель текучести	ед.	3	0,29
Коэффициент водонасыщения	д.е.	3	0,91
Плотность природная	г/см ³	3	1,93
Коэффициент пористости	ед.	3	0,780
Угол внутреннего трения	град	2	20
Удельное сцепление	Мпа	2	0,041
Модуль деформации	МПа	2	15

Согласно таблицам Б.13, Б.16, В.5, В.7 ГОСТ 25100-2020 грунты РГЭ-4 классифицируются как глина полутвердая, по деформируемости - среднедеформируемая, по сопротивлению сдвигу - средней прочности. Просадочными ($\xi_{sl} < 0,01$) и набухающими ($\xi_{sw} < 0,04$) свойствами грунты данного элемента не обладают.



Фото. 4. Измерение коррозионной активности грунта

Коррозионная агрессивность грунтов по отношению к углеродистой и низколегированной стали, согласно таблице 1 ГОСТ 9.602-2016, от средней до высокой, удельное электрическое сопротивление составляет 13-21 Ом×м. Степень агрессивного воздействия грунтов к бетону на портландцементе – неагрессивная.

6. Геологические и инженерно-геологические процессы

Из опасных геологических и инженерно-геологических процессов, согласно СП 47.13330.2016 и СП 446.1325800.2019, на участке изысканий возможно развитие процессов подтопления и затопления, склоновых, овражно-эрозионных и карстово-суффозионных процессов.

Процессы подтопления и затопления

Зоны затопления и подтопления относятся к опасным инженерным условиям. По типу подтопления, согласно СП 11-105-97 ч.2, территория исследования относится ко II-й – потенциально подтопляемой области. При проектировании и строительстве заглубленных помещений, необходимо предусмотреть защитные мероприятия от подтопления.

В условиях интенсивной застройки территории многоэтажными зданиями на пути миграции подземного потока без устройства дренажей, удовлетворительной вертикальной планировки, а также засыпки оврагов отмечается тенденция повышения уровня грунтовых вод, что в дальнейшем приводит к подтоплению. На подобных участках происходит снижение прочностных и деформационных свойств грунтов основания фундаментов, активизируются суффозионные и карстовые процессы, что ведет к деформациям самих зданий. Грунтовые воды, обладающие высокой сульфатной и карбонатной агрессивностью, в местах перетоков в нижележащие горизонты, способны по ходу движения растворять карстующиеся породы (гипс, мергель, известняк), что ведет к увеличению трещиноватости, кавернозности и разуплотнению покрывающих их пород, вследствие суффозионного выноса. При проектировании и строительстве необходимо принятие мер защиты от подтопления.

Процессы подтопления на участке изысканий могут быть связаны с первым от дневной поверхности водоносным горизонтом, приуроченным к четвертичным суглинкам и глинам с прослоями песка. В период проведения буровых работ (июль, август 2021г.) подземные воды в скважинах вскрыты и установились на глубине от 2,0-4,4 до 9,0м от дневной поверхности (абсолютные отметки 109,19-129,78м БС).

Водоносный горизонт преимущественно распространен в долине р. Юрмаш (участок 2, северная половина участка 3, участок 4 – юго-западнее д. Крючевка и д. Старый Юрмаш).

В склоновой части (участок 1, южная половина участка 3, участок 4 – северо-восточнее д. Крючевка) подземные воды не вскрыты за исключением скважин №№18,40. Однако тугопластичная консистенция глинистых разностей в разрезе скважин позволяет прогнозировать появление воды здесь в водообильные периоды года, а не вскрытие подземных вод связано с маловодностью последних месяцев и отсутствием питания горизонта.



Фото 5. Воронка, заполненная водой на участке 2.

Максимальный прогнозируемый уровень водоносного горизонта с учетом амплитуды колебания подземных вод в долинных и склоновых условиях (согласно данным систематического изучения режима подземных вод Башкирской гидрогеологической станцией) и материалов стационарных наблюдений по заказу №357 на прилегающей территории на участке ожидается на 2-4 м выше зафиксированного при изысканиях (абсолютные отметки 111,7-134,5м БС). Максимальные уровни ожидаются в пойме р. Юрмаш, где уровенный режим тесно связан с гидрологическим режимом р. Юрмаш (участок 4 – д. Крючевка, д. Старый Юрмаш).

Процессы затопления связаны с р. Юрмаш, протекающей на участках 4 и 3 (рис. 2.6). Расчетные уровни высоких вод (РУВВ) 1% обеспеченности составляют: участок 4 –

115,65-117,07м; участок 2.2 118,3-119,34м. В зону затопления попадает прибрежная (пойменная) часть.

Расчетные уровни высоких вод (РУВВ) 1% обеспеченности р. Юрмаш в створах участка участок 2.2 составляют 110,4-112,3м, что ниже минимальных отметок поверхности земли участков участок 1, 2 и процессы затопления здесь не ожидаются.

На последующих стадиях изысканий необходимо выполнение типизации участка по подтопляемости, исходя из глубины заложения проектируемых зданий и сооружений, величины критического уровня подземных вод.

Склоновые и овражно-эрозионные процессы

Инженерно-геологические условия и факторы возможного развития оползневого процесса. Выделяются две группы факторов развития оползней. Первую группу составляют факторы – условия, отражающие исходное состояние геологической среды. Вторую группу представляют факторы – процессы и воздействия, изменяющие исходное состоянии склонов.

К первой группе относятся: рельеф (наличие склона определенной морфологии и крутизны), литология, условия залегания горных пород, инженерно-геологические свойства горных пород, слагающих склон, трещиноватость пород, наличие трещин бортового отпора, положение водоносных горизонтов в массиве склона, фильтрационные градиенты, величина напоров подземных вод.



Фото 6. Склоновые процессы на участке 2_3



Фото 7. Склоновые процессы на участке 4

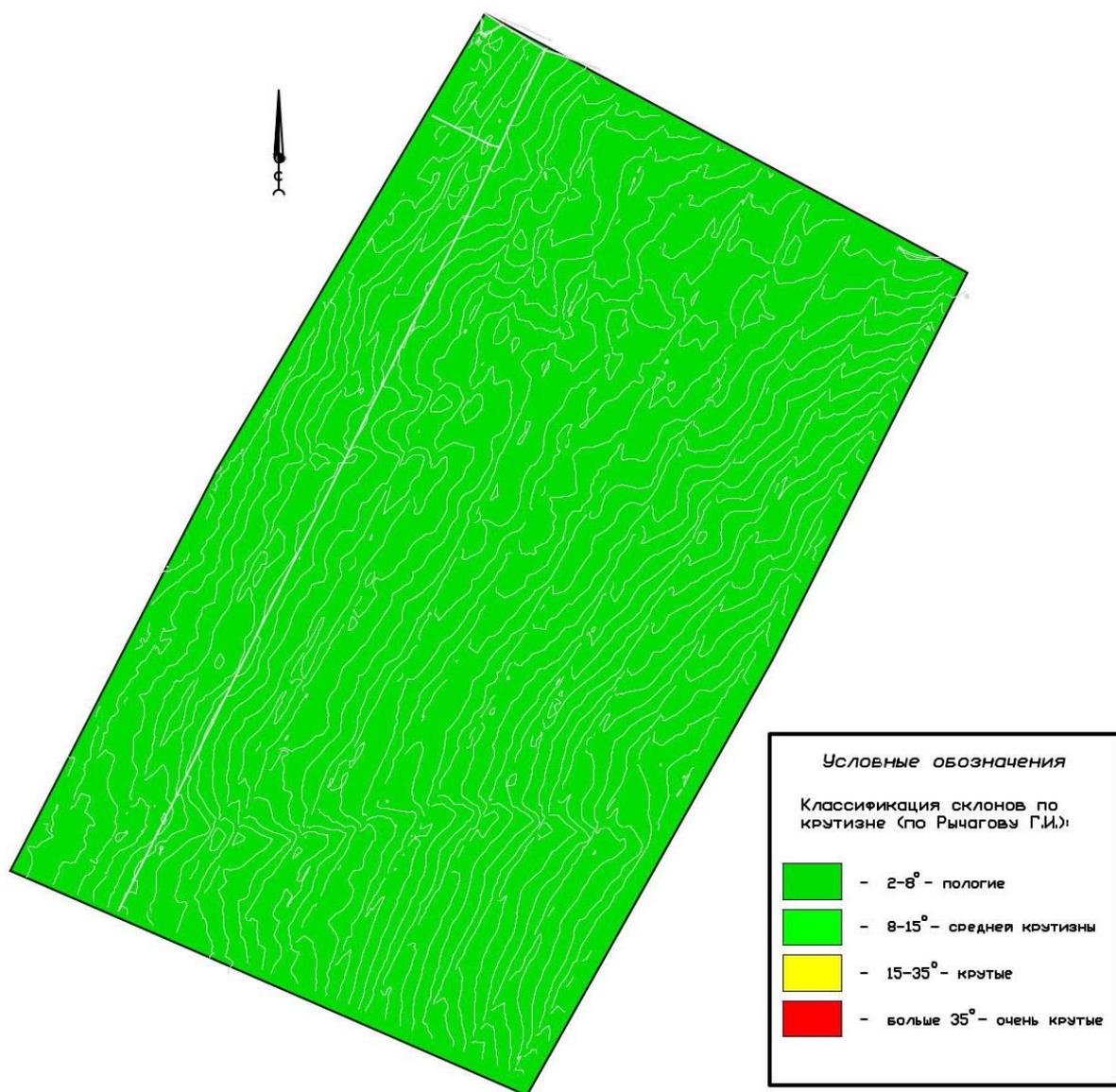


Рис. 6. Карта схема территории исследования по крутизне склона по участку 1

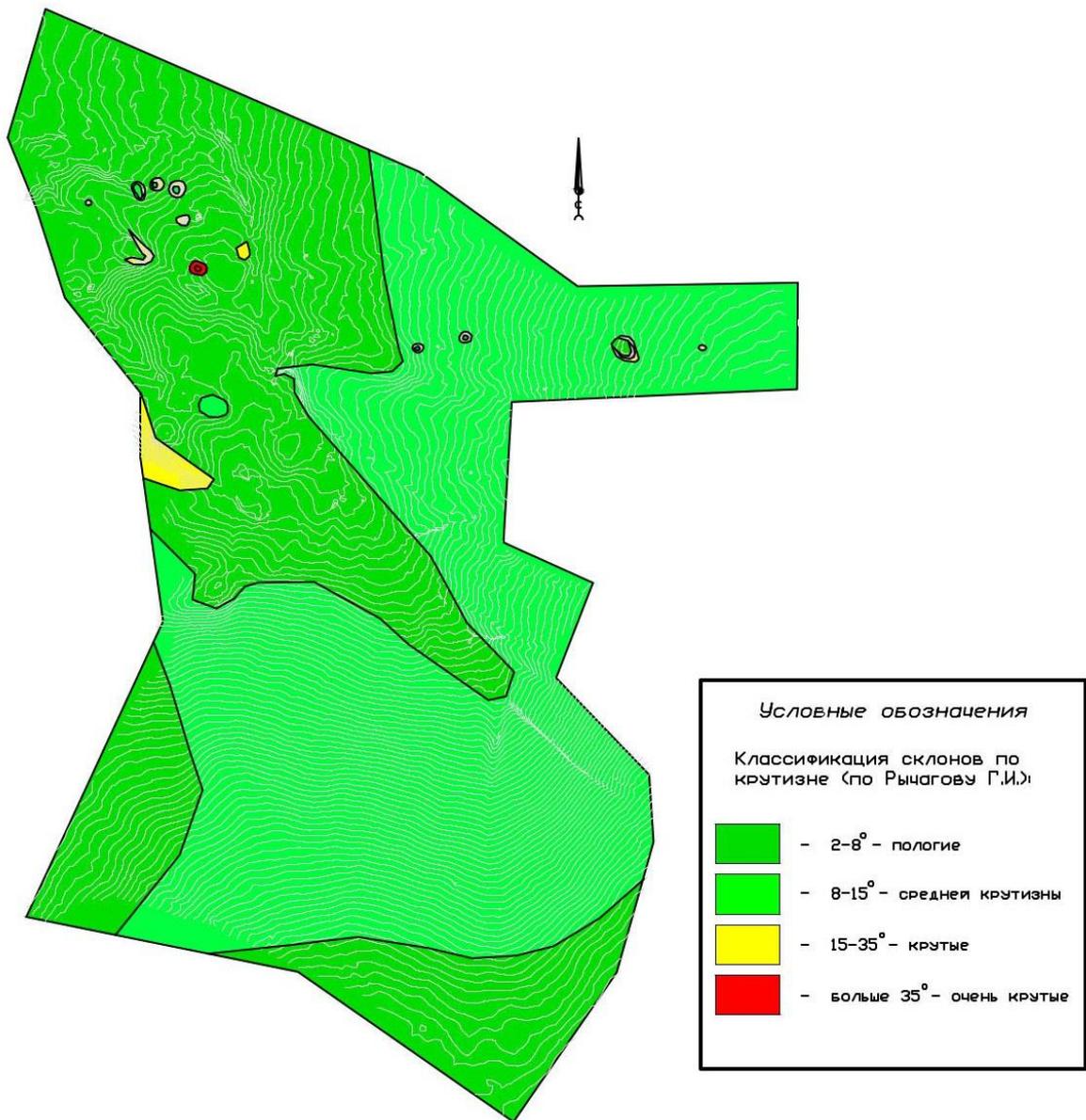


Рис. 7. Карта схема территории исследования по крутизне склона по участку 2

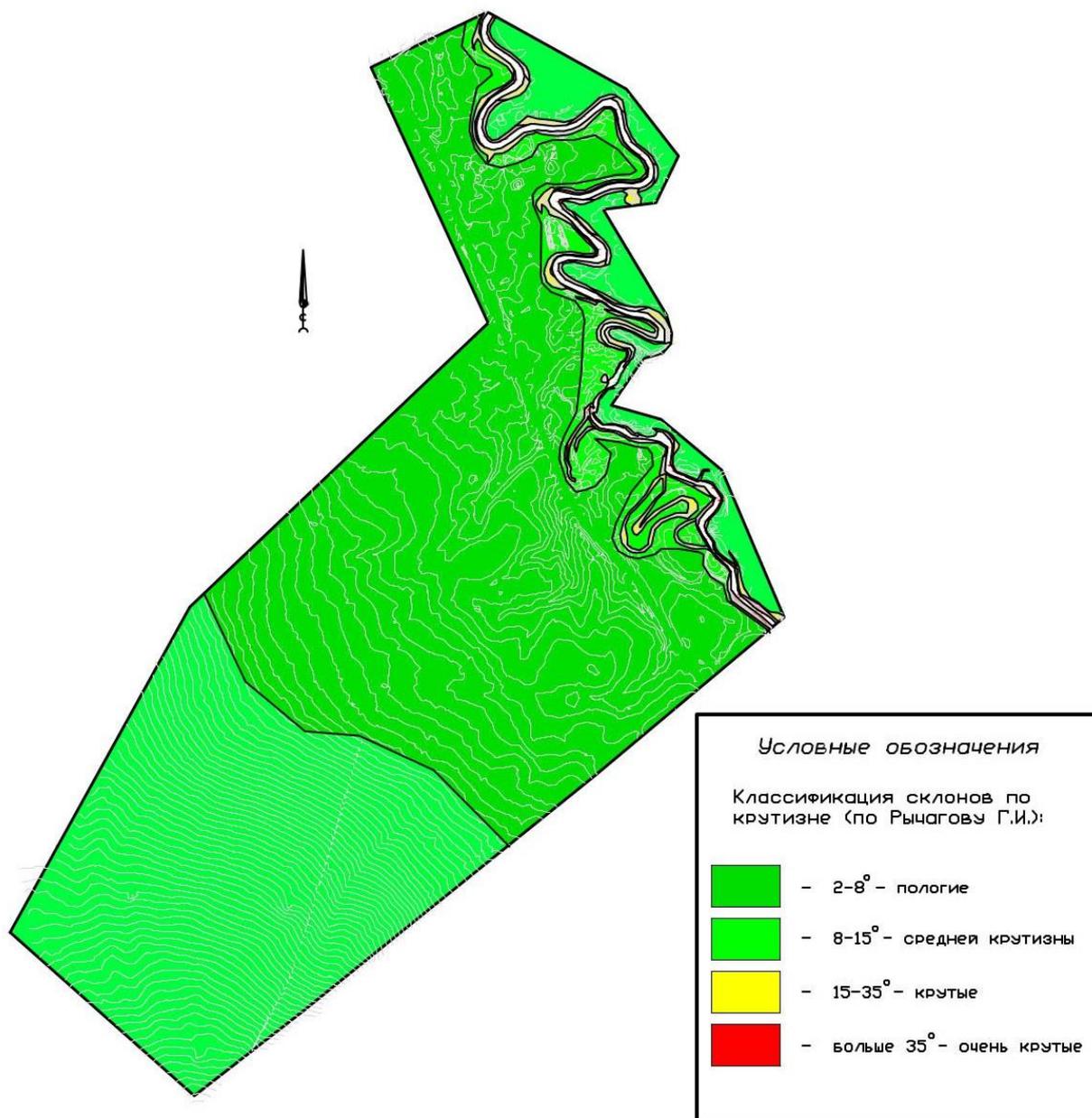


Рис. 8. Карта схема территории исследования по крутизне склона по участку 2_3

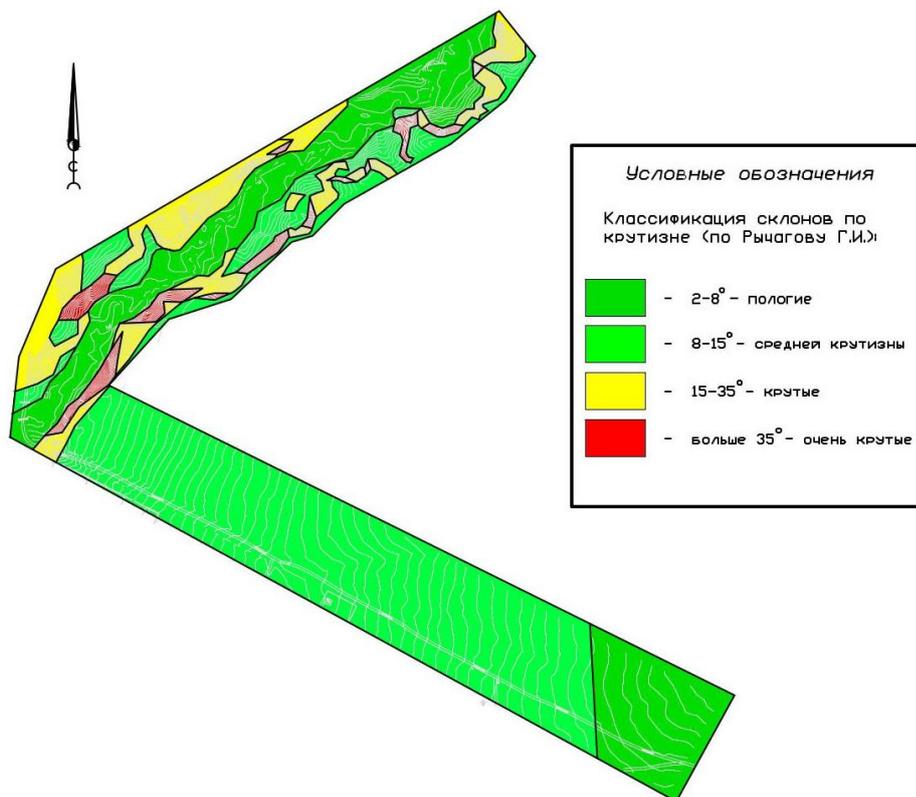


Рис. 9. Карта схема территории исследования по крутизне склона по участку 3

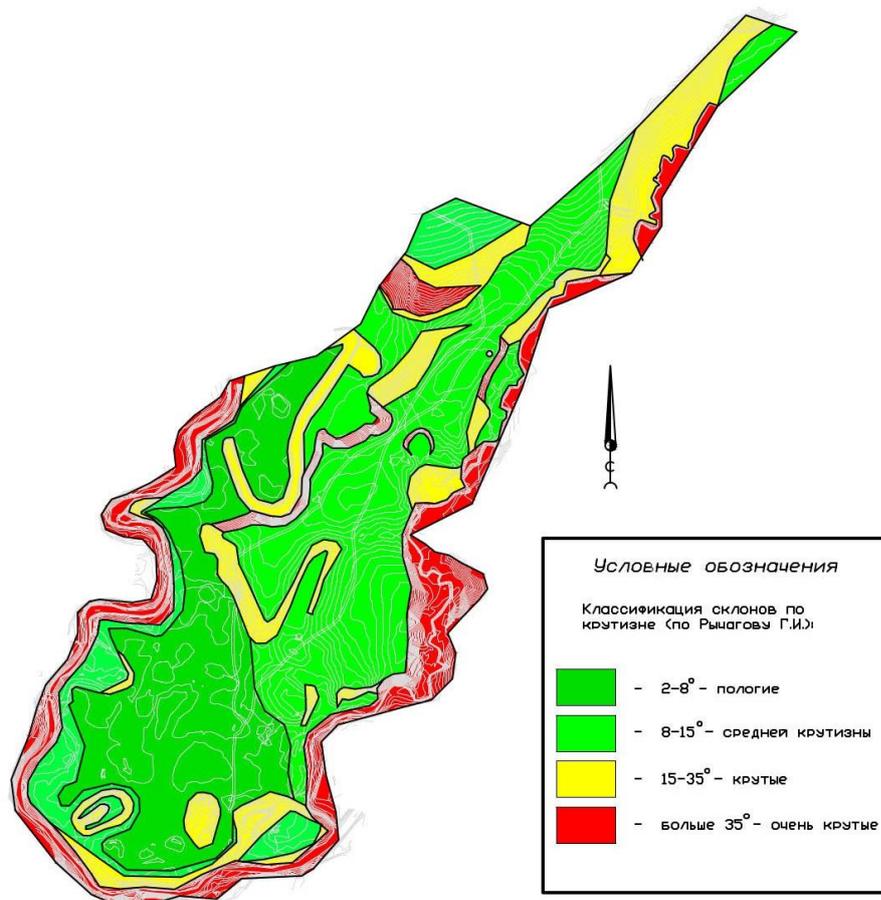


Рис. 10. Карта схема территории исследования по крутизне склона по участку 4

Профиль склона представляет ломаную линию с местными углами наклона дневной поверхности от 5° до 30° в сторону долины р. Уфа. Склоны сложены в основном шешминскими мергелями и глинами с прослоями известняка. Трещиноватость пород, как границы раздела (разрыва) блоков и микроблоков пород при расчетах и выборе поверхности скольжения не учитывалась. Частично она учтена при лабораторных испытаниях грунтов. По геофизическим данным особенностями геологического строения являются: высокая степень слоистости массива, преобладание пликативных форм складчатости, небольшой амплитуды в интервале верхнешешминского подгоризонта и вблизи кровли нижнешешминского подгоризонта. Блоковое строение основной части нижнешешминского подгоризонта которые интерпретируются как зоны повышенной трещиноватости пород. Наличие трещин бортового отпора или зоны повышенной трещиноватости выявленной геофизическими исследованиями, проходкой канав не подтвердилось. Эти зоны хорошо прослеживаются по глубине и в приповерхностных частях разрезов. В большинстве случаев они приурочиваются к участкам воронок и копаных ям, которые являются активными пунктами водопоглощения. Гидрогеологические и гидродинамические факторы при расчетах не учитывались из-за отсутствия выдержанного водоносного горизонта.

Ко второй группе относятся: овражная эрозия, выветривание, тектонические движения, техногенные изменения рельефа.



Фото 8. Эрозионные процессы на участке 4



Фото 9. Эрозионные процессы на участке 4



Фото 10. Эрозионные процессы на участке 3

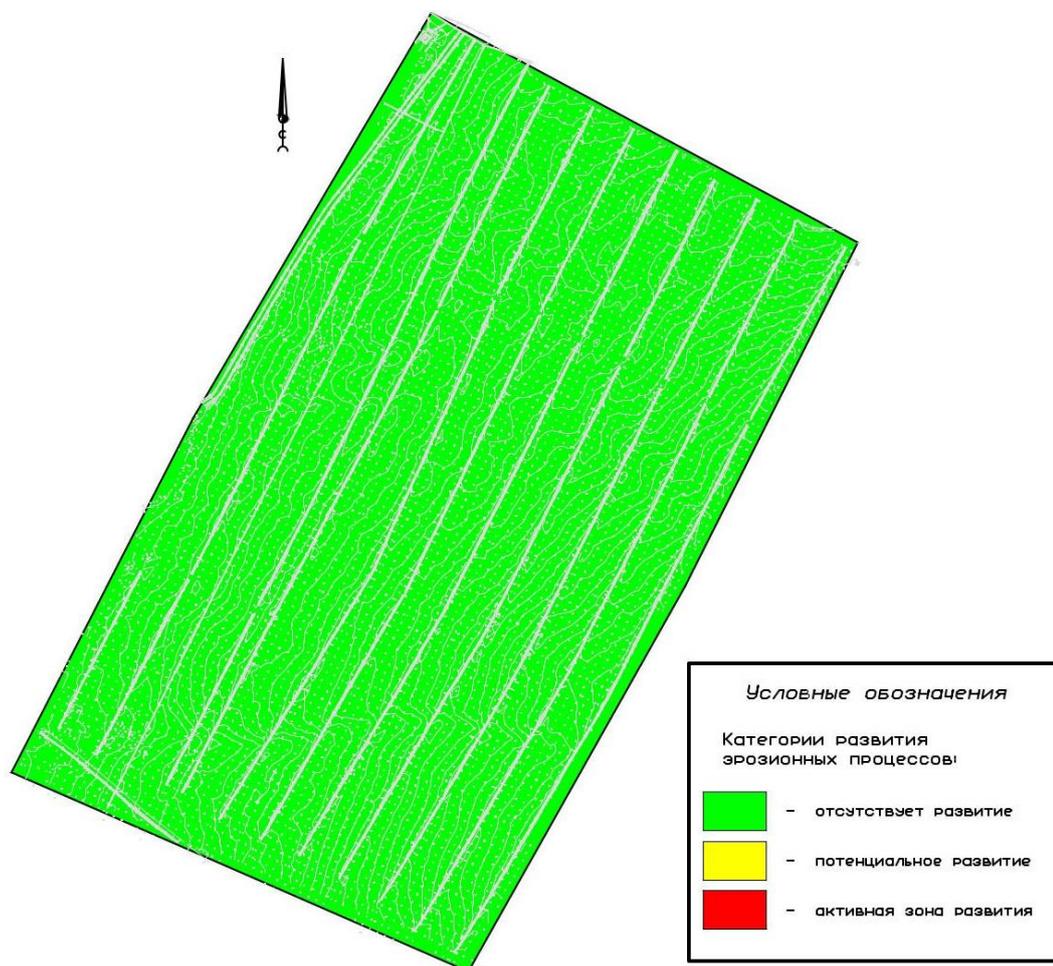


Рис. 11. Карта схема районирования территории по развитию эрозионных процессов по участку 1

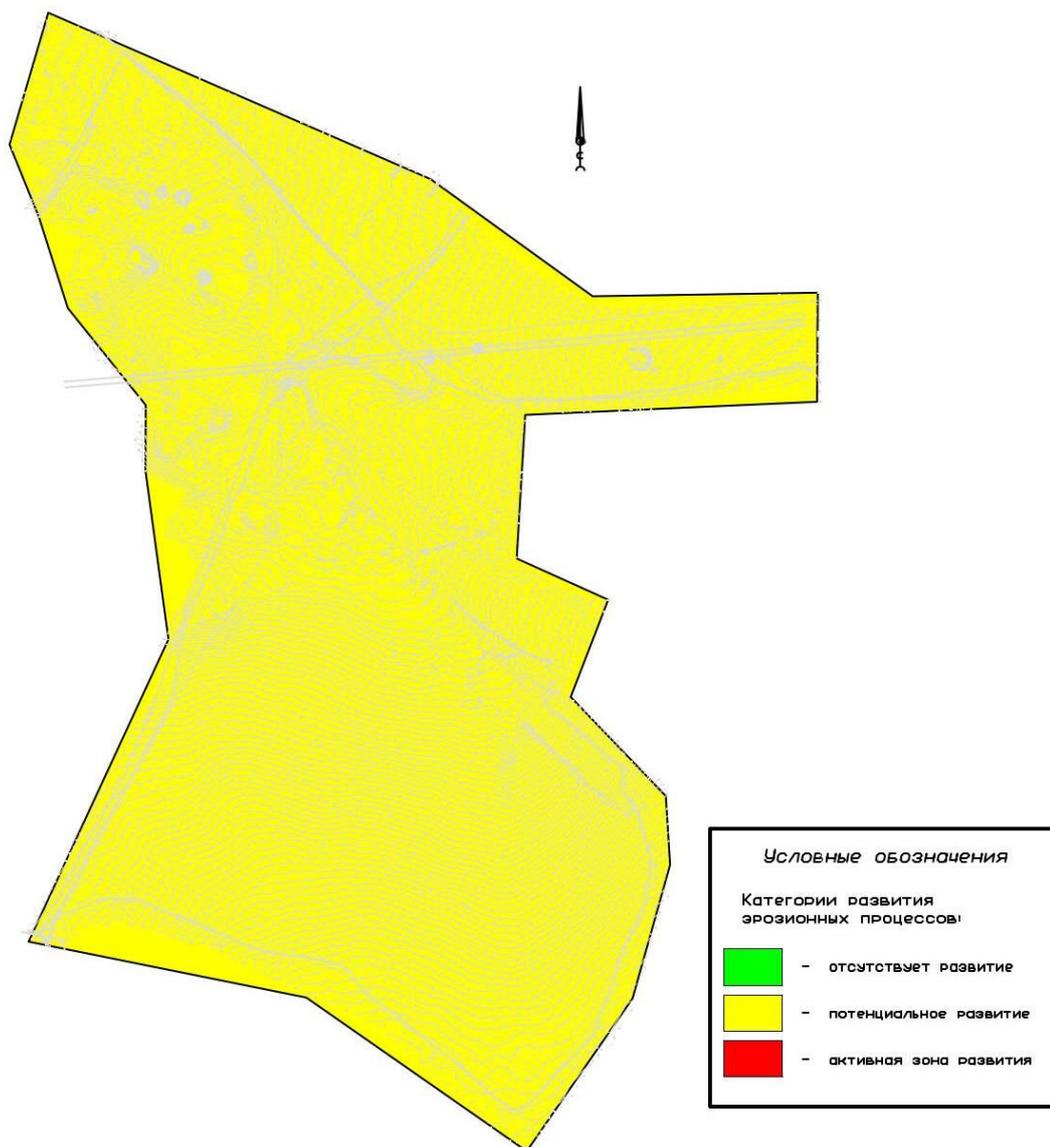


Рис. 12. Карта схема районирования территории по развитию эрозионных процессов по участку 2

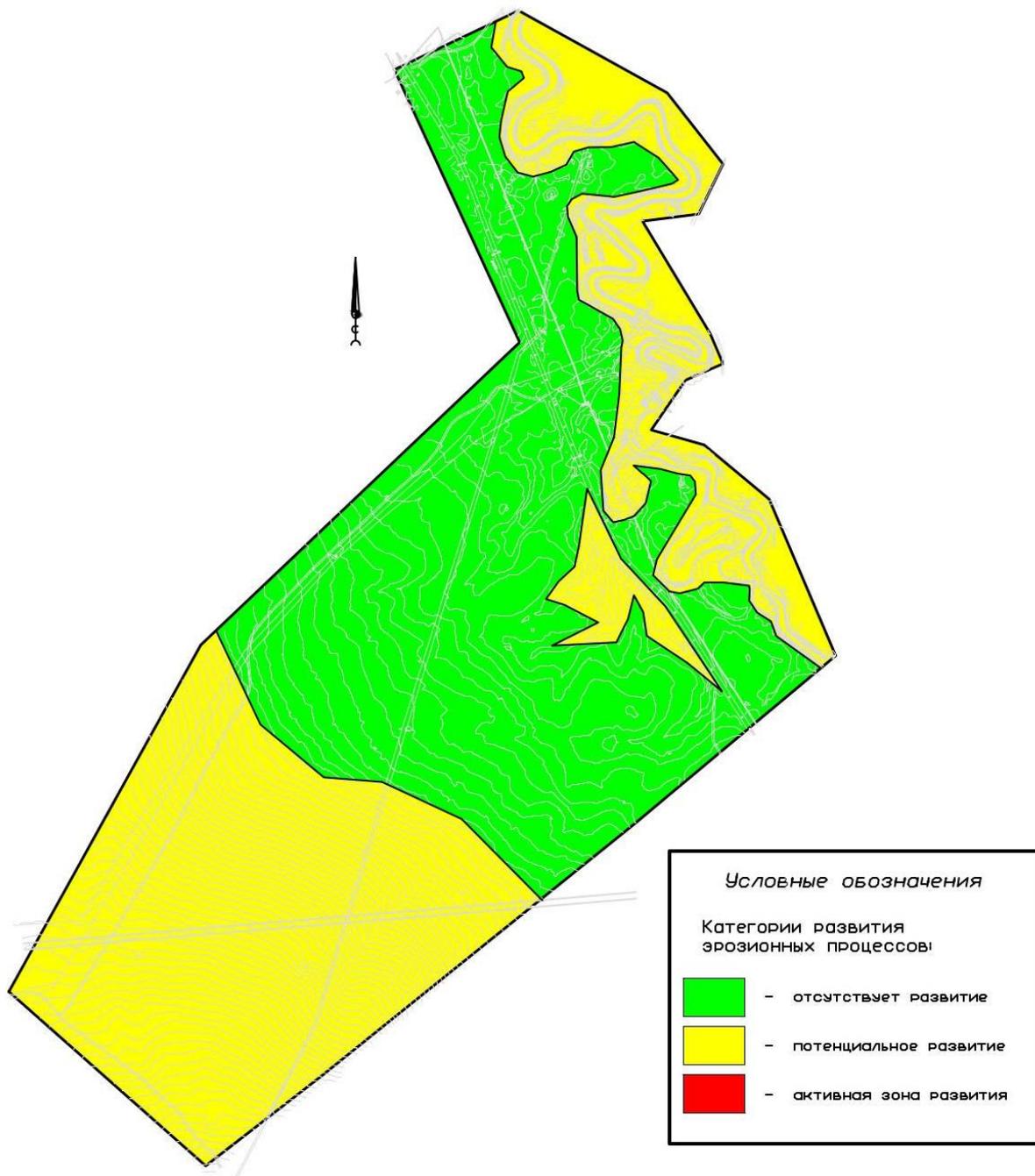


Рис. 13. Карта схема районирования территории по развитию эрозионных процессов по участку 2_3

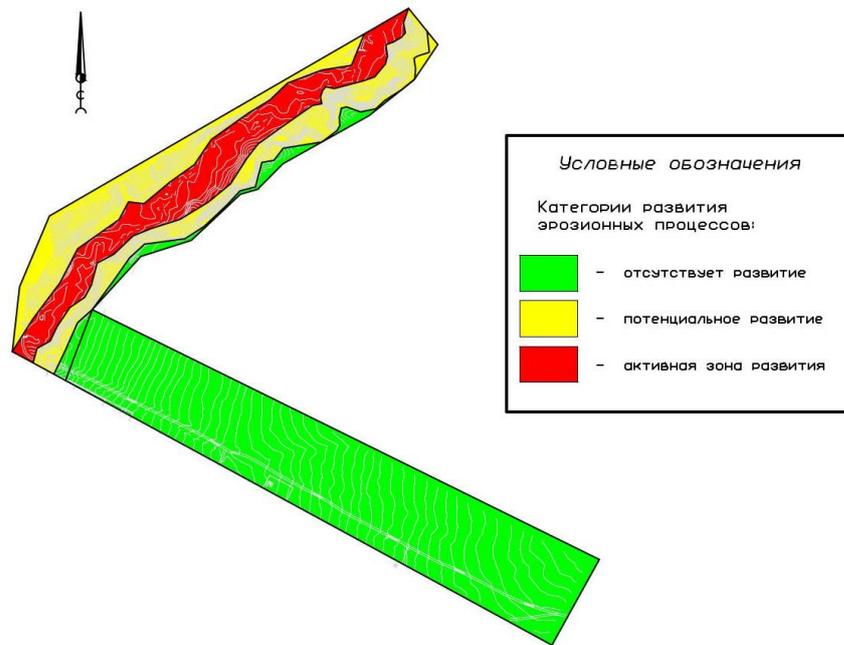


Рис. 14. Карта схема районирования территории по развитию эрозионных процессов по участку 3

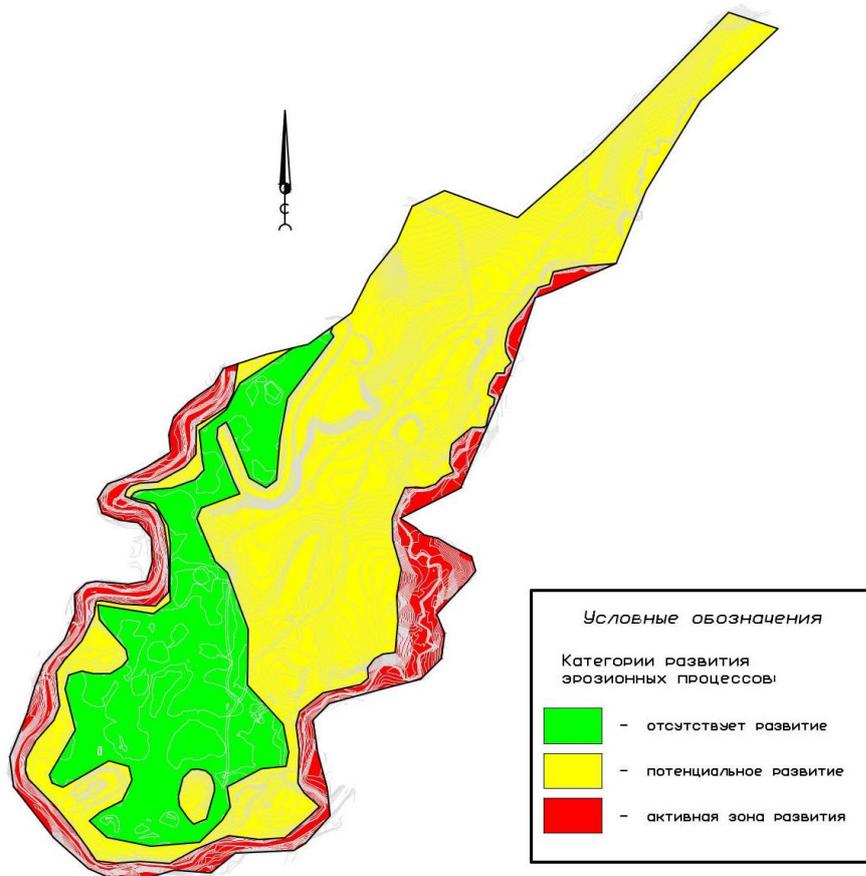


Рис. 15. Карта схема районирования территории по развитию эрозионных процессов по участку 4

Эрозия подразделяется на склоновую (плоскостной смыв), овражную и речную.

Плоскостной смыв грунтов со склонов, с размывов рыхлых образований, связан с потоками поверхностных вод во время выпадения атмосферных осадков и весеннего снеготаяния. Техногенное вмешательство (вырубка леса, повреждение почвенно-растительного слоя, изменение уклонов поверхности, ошибки проектирования, безответственная эксплуатация застроенных территорий и пр.) вызывает активизацию данного процесса.

Речная (боковая) эрозия наблюдается по берегам рек. Происходит подмыв и разрушение паводком в основном I и II надпойменных террас. В местах подмывов образуются обрывистые уступы высотой 3-4 м (на участке 3, 4).

Овражная эрозия на исследуемой территории представлена малыми эрозионными формами: от борозд и промоин до оврагов. Овражная сеть расчленяет склоны долины реки Юрмаш.

Значительное превышение склона р. Юрмаш над ее долиной, наличие в разрезе пород покровного чехла рыхлых четвертичных отложений и неогеновой системы, карстующихся карбонатных и сульфатных пород обусловило развитие оврагов, эрозионных врезов эрозионно-карстового генезиса.

Заложение и развитие овражно-балочной сети носит унаследованный характер по трещинно-ослабленным зонам (тектоническим и экзотектоническим) в сочетании с эрозионными и суффозионными процессами. Развитию оврагов способствует наличие в разрезе легкоразмываемых неоген-четвертичных глинистых отложений и разгрузка подземных вод в виде родников, образующих временные и постоянные водотоки.

В периоды максимального выпадения ливневых дождей и активного снеготаяния на поверхности склона может происходить активизация площадной эрозии (смыв, размыв) с локальными участками линейной.

Склоновые процессы в пределах склона могут проявляться в виде гравитационного оползания грунтов, обвалов (обрушения) грунтов, площадной эрозии (смыв и размыв рыхлых легкоразмываемых грунтов). На участках с обрывистыми бортами склоны оврага являются неустойчивыми и при нарушении природных условий оползневые процессы могут активизироваться.

В северной половине участка 1 с юго-востока на северо-запад протягивается лог карстово-эрозионного происхождения. Длина в пределах участка составляет 1,9км,

ширина до 150м, глубина до 1,0-1,2м. Лог корытообразной формы, с пологими склонами, покрыт ивняком. Продольный профиль оврага к устью пологий и более крутой к вершине, уклон изменяется от 0,01 до 0,06 д.е., средний уклон 0,02 д.е. В верхней части лога имеются отвержки. На бортах зафиксированы воронки суффозионного происхождения. На момент рекогносцировочного обследования лог сухой.

Имеют развитие эрозионно-овражные процессы в восточной части участка изысканий (участок 4), где северо-восточнее д. Старый Юрмаш расположен овраг Дубрава, раскрывающийся в долину р. Юрмаш.

Карстово-суффозионные процессы

Карст представляет собой опасное инженерно-геологическое явление для строительства. Карст – это совокупность явлений, связанных с деятельностью воды (поверхностной или подземной) и выражающихся в растворении горных пород и образовании в них пустот разного размера и формы.



Фото 11. Карстовые процессы на участке 4

Территория изысканий согласно классификации карста Д.С. Соколову находится в районе развития карбонатно-сульфатного класса карста закрытого подкласса.

Карбонатный карст связан с известняками и мергелями уфимского яруса, сульфатный – с гипсами кунгурского яруса.

Согласно своду правил СП 11-105-97 в зависимости от значения показателя интенсивности локальных карстовых деформаций закарстованные территории делятся на 6 категорий устойчивости:

Таблица 14 Категории устойчивости относительно карстовых провалов

Категория устойчивости (карстоопасности) по интенсивности провалообразования	Показатель интенсивности провалообразования (прогнозируемое число провалов на 1 км ² в год)
I	более 1
II	от 0,1 до 1,0
III	от 0,05 до 0,1
IV	от 0,01 до 0,05
V	менее 0,01
VI	локальные карстовые деформации невозможны

Критерии развития карстовых процессов: наличие растворимых горных пород, трещиноватость пород массива, движение воды через толщу растворимых пород, агрессивность воды, ее способность растворять горные породы.

При районировании территории по условиям и степени развития карста учитываются тип геологического разреза, условия залегания карстующих пород и покрывающих отложений, тектонические структуры и ослабленные зоны, гидрогеологические условия развития карста. Кроме того устанавливается связь с геоморфологическими элементами, где наиболее развиты карстовые процессы: речные террасы, склоны долин, участки водоразделов. Согласно существующей типизации карста территории Республики Башкортостан участок проектируемого строительства находится в пределах Восточно-Европейской равнины (равнинного подтипа карста на преимущественно горизонтальной основе карстующихся пород) Восточной окраины Русской платформы. По составу карстующихся пород на территории изысканий развит сульфатно-карбонатный класс карста, по степени обнаженности карстующихся пород выделяется преимущественно перекрытый с участками покрытого класс карста [30].

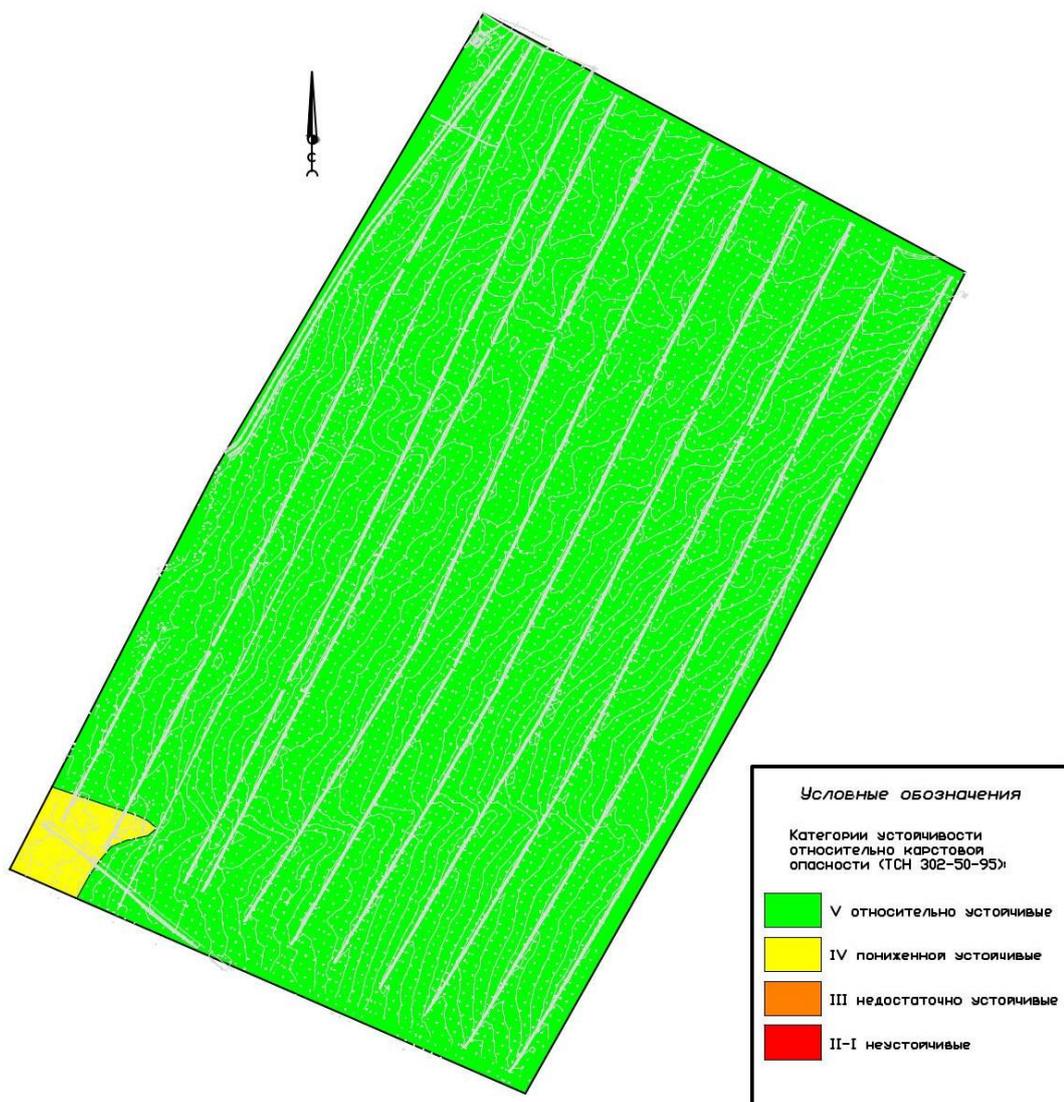


Рис. 16. Карта схема районирования территории по категориям устойчивости относительно карстовых процессов по методу равноудаленности по участку 1.

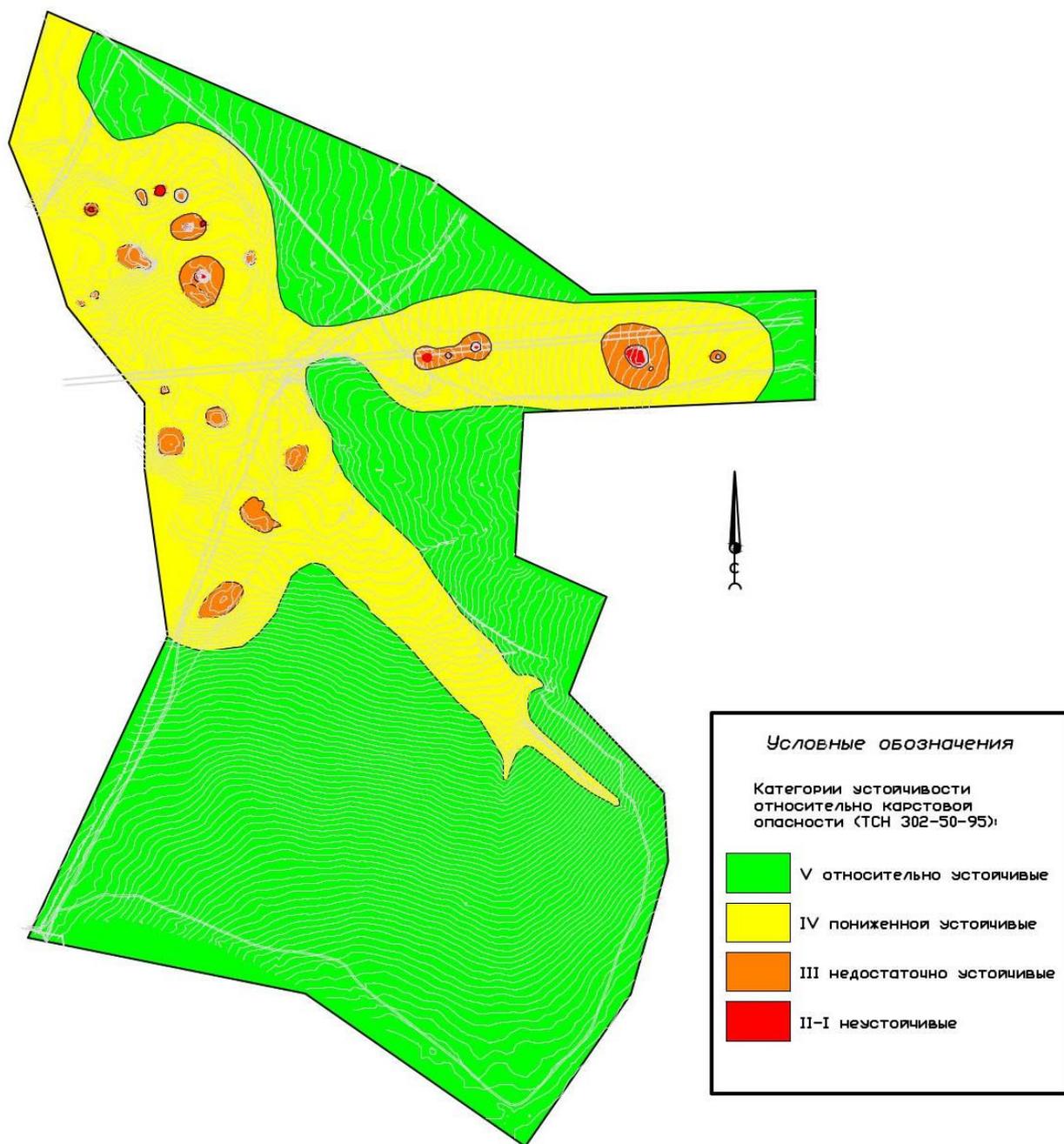


Рис.17. Карта схема районирования территории по категориям устойчивости относительно карстовых процессов по методу равноудаленности по участку 2

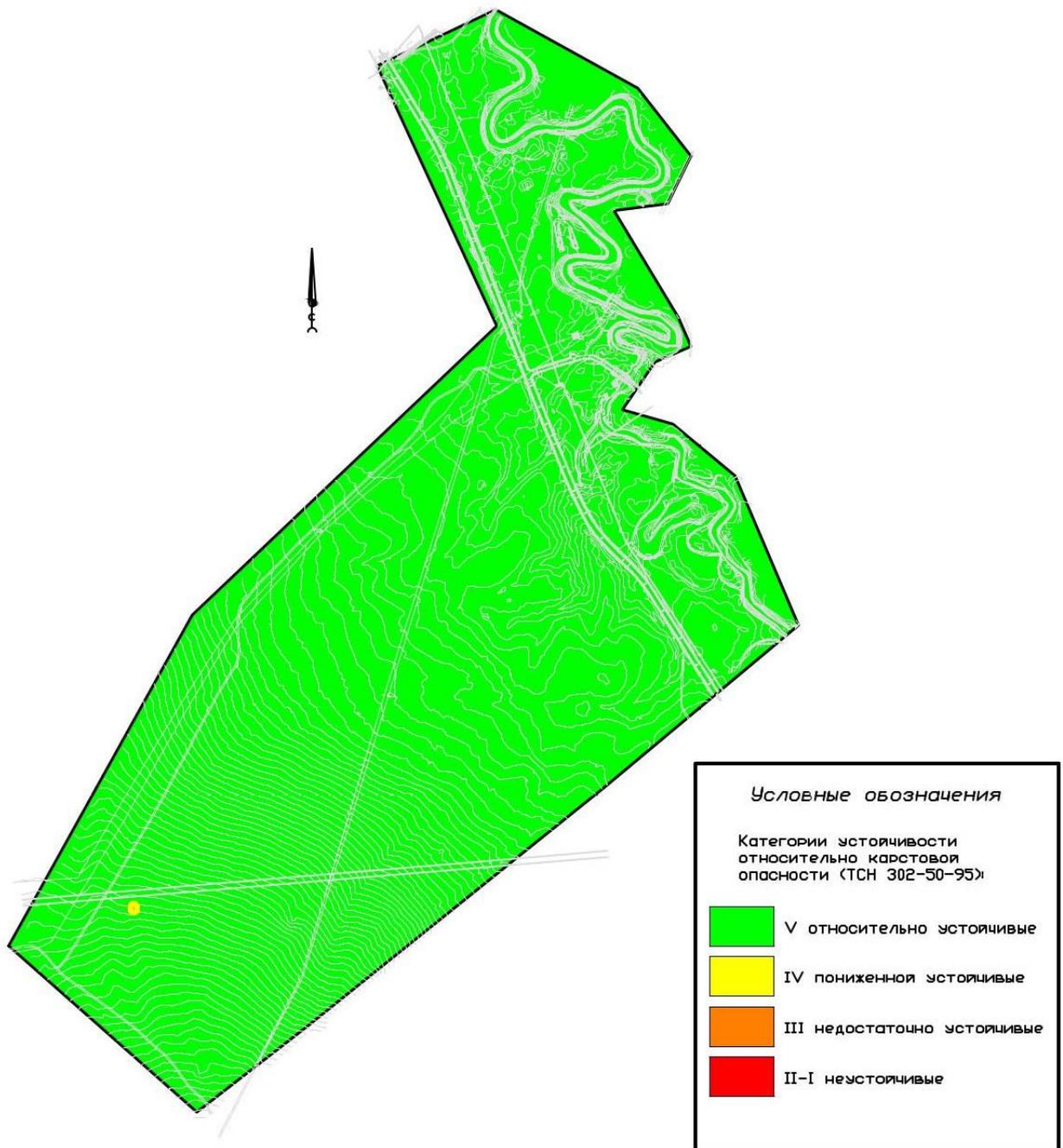


Рис. 18 Карта схема районирования территории по категориям устойчивости относительно карстовых процессов по методу равноудаленности по участку 2_3.

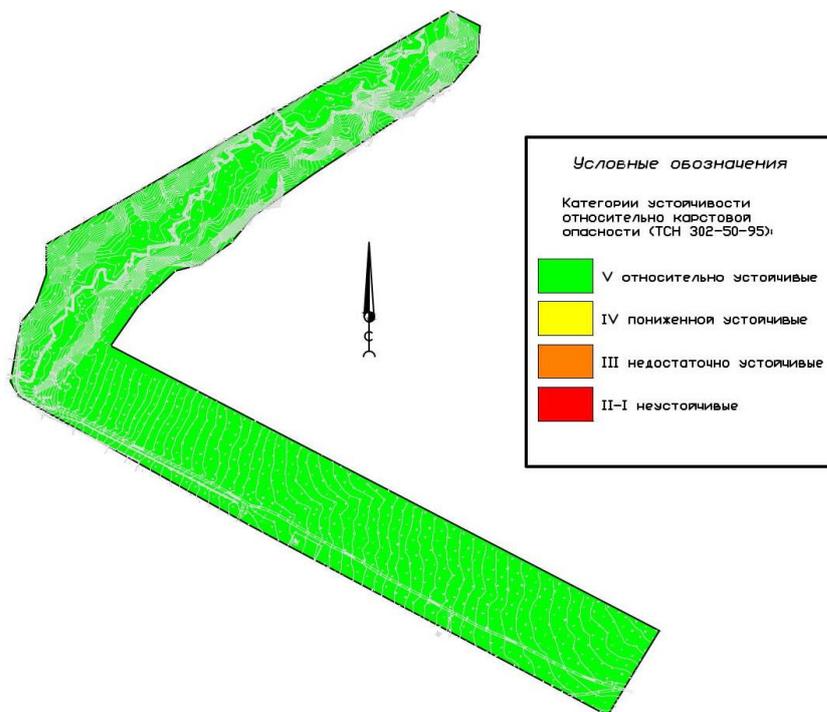


Рис. 19. Карта схема районирования территории по категориям устойчивости относительно карстовых процессов по методу равноудаленности по участку 3.

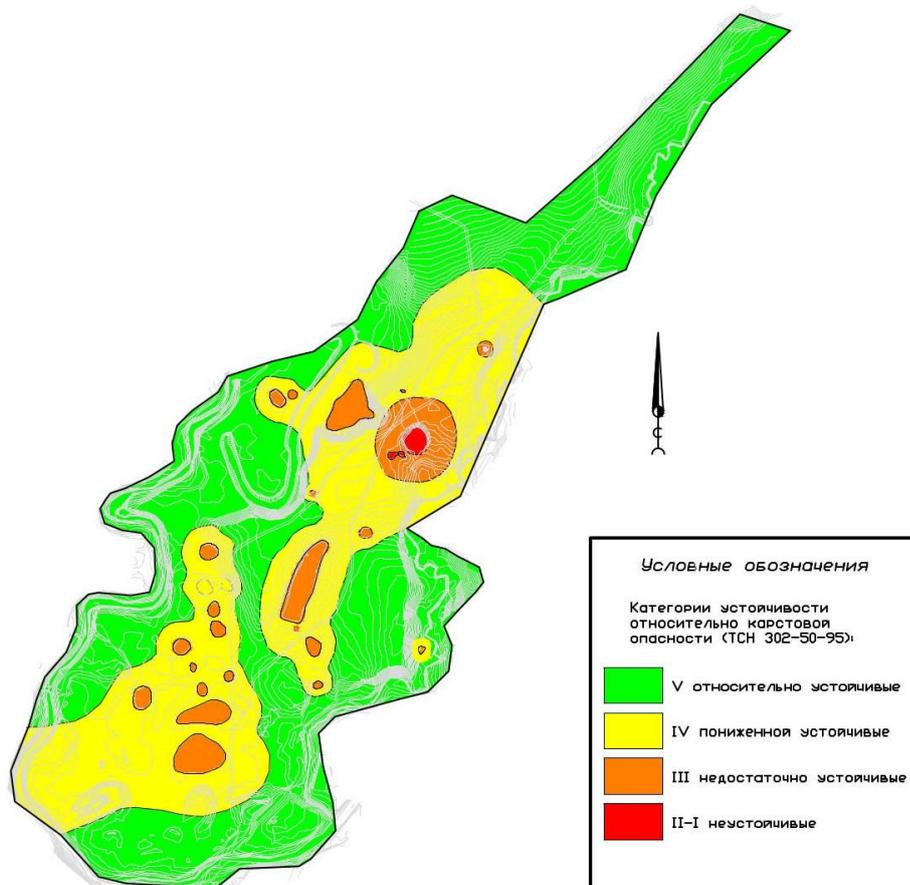


Рис. 20. Карта схема районирования территории по категориям устойчивости относительно карстовых процессов по методу равноудаленности по участку 4

Причины карстообразования на всей территории исследования:

- 1) Глубина залегания кровли карстующихся пород по данным бурения от 56.6 до 63.0м (гипсы иренского горизонта), по данным геофизических исследований глубина залегания гипсов более 55.5м;
- 2) Удаленность от ближайшего суффозионного понижения – менее 100 м;

По методу равноудаленности категории устойчивости относительно карстовых процессов выделяются:

I категория является сам провал. Строительство на таких территориях недопустимо.

II категория – древние воронки, один размер от провала. Территория неустойчивая относительно карстовых провалов. В пределах II категории устойчивости капитальное строительство недопустимо. При наличии экспертного заключения о надежности противокарстовой защиты возможно возведение 1-2 этажных зданий, временных сооружений, складских помещений и использование в качестве парковой зоны, согласно ТСН 302-50-95. РБ.

Большая часть территории относится к III категории устойчивости. Удаленность от ближайшего поверхностного карстопроявления менее 100м.

В ее пределах капитальное строительство, согласно ТСН 302-50-95.РБ, рекомендуется не более 9 этажей с полным комплексом мер противокарстовой защиты, как профилактических, так и конструктивных с учетом среднего значения диаметра карстовых провалов 2.8 ± 0.4 м (коренной склон).

IV категория имеет удаленность 100-250м от карстопроявления. Территория с несколько пониженной устойчивостью в карстовом отношении. Строительство зданий рекомендовано с учетом противокарстовых мероприятий. Граница установлена по данным материалов дешифрирования, рекогносцировочного обследования, буровых и геофизических работ.

V категория устойчивости имеет удаленность более 250м. Строительство на территории допускается без ограничений, но с профилактическими мерами противокарстовой защиты.

На участке изысканий по характеру и составу покрывающих толщ потенциально могут иметь развитие следующие классы карста: карбонатный и сульфатный.

Карбонатные породы представлены уфимскими мергелем выветрелым до глинистого и глинисто-щебенистого состояния вскрытой мощностью 12,2м и прослоями известняка мощностью 0,6-2,9м в глинистой толще. Вскрыты в скважинах №№ 2К,4К с глубины 41,0-47,8м (абсолютные отметки 75,98-104,81м БС). В скважинах №№8К,9К,44 с глубины 9,1-30,4м (абсолютные отметки 93,72-117,76м БС) вскрыты переотложенные элювиально-делювиальные неогеновые отложения, представленные прослоями дресвяно-щебенистого грунта карбонатного и редко сульфатного состава. Признаков открытых и заполненных полостей по данным бурения и геофизических исследований не наблюдается. Карбонатные породы в переотложенном (дезинтегрированном) состоянии в большей степени подвержены суффозионным процессам, развитие карстовых процессов не прогнозируется.



Фото 12. Вид на карстовые воронки с высоты

Сульфатный карст связан с гипсами нижней части соликамского горизонта и иренской свиты кунгурского яруса. В пределах участка изысканий по данным бурения скважин №№2К,8К,9К гипсы вскрыты на глубине 50,0-73,5м (абсолютные отметки 43,48-72,52м БС). К скважине №8К в интервале 53,0-56,0м (абсолютные отметки 68,12-71,12м БС) вскрыта ослабленная зона, представленная глиной темно-серой тугопластичной с включением гипса светло-серого сильновыветрелого полускального.

Суффозионные процессы на участке изысканий могут быть связаны с активизацией данных процессов в прослоях песка в четвертичных глинах, суглинках и неогеновых глинах, а также уфимских песчаниках выветрелых до состояния плотного песка, провоцируемых выходами подземных вод в бортах оврага, инфильтрацией техногенных вод вследствие утечек из водонесущих коммуникаций, изменением градиентов, напоров, скорости фильтрации подземных вод и последующим выносом мелкодисперсных частиц. Следствием является разуплотнение и появление пустот в массиве грунта, медленное оседание поверхности, образование суффозионных понижений, провалов.

По результатам рекогносцировочного обследования поверхностные проявления карстово-суффозионных процессов отмечаются в северной половине участка 2, а также значительной части участка 4 (северо-восточнее с. Старый Юрмаш) с преобладанием воронок суффозионного происхождения. Воронки в плане преимущественно блюдце- и чашеобразной формы, в разрезе овальной и округлой формы, задернованы, в основном сухие.

Карстово-суффозионные воронки и понижения, выявленные по результатам рекогносцировочного обследования, вынесены на карту фактического материала. Описание (морфологическая, морфометрическая характеристики, наличие или отсутствие воды, растительности, обнаженность склонов) выявленных воронок, понижений..



Фото 13. Карстовые процессы на участке 4

По результатам выполненных работ (рекогносцировочное обследование участка, бурение карстологических скважин, гидрогеологические, геофизические и лабораторные исследования) согласно ТСН 302-50-95.РБ детализированы количественные критерии

районирования территории по категориям устойчивости относительно карстовых провалов. По совокупности количественных критериев выделены территории со следующими категориями устойчивости относительно карстовых провалов:

- I и II – неустойчивая;
- III – недостаточно устойчивая;
- IV – с несколько пониженной устойчивостью;
- V – относительно устойчивая.

К II категории отнесены территории непосредственно в границах выявленных воронок карстового происхождения.

В пределах участков с II категорией устойчивости, согласно СП 116.13330.2012 строительство зданий и сооружений I и II уровня ответственности не рекомендуется, возможно строительство зданий и сооружений III уровня ответственности с применением противокарстовых мероприятий при наличии специального обоснования целесообразности строительства.

К III категории отнесены территории в границах выявленных понижений суффозионного происхождения, а также участки, прилегающие к карстовым воронкам на расстоянии одного диаметра воронки от ее кромки. Территория характеризуется следующими признаками и критериями оценки карстовой устойчивости.

1. Глубина залегания карстующихся карбонатных пород (в переотложенном состоянии) – 30,4 м (скважина №8К); сульфатных пород (гипс) – 51,6 м (скважина №8К).

2. Наличие открытых и заполненных карстовых полостей в карстующейся толще по бурению и геофизическим исследованиям – вскрыта ослабленная зона, представленная глиной тугопластичной с включением гипса (скважина №8К, интервал 53-56 м).

3. Наличие водоупора в перекрывающей толще – маломощные.

4. Содержание суффозионно-неустойчивых пород – 10-25%.

5. Наличие зон разуплотнения и трещиноватости – заметные.

6. Коэффициент фильтрации сульфатных отложений (гипс) – 26,2 м/сут (скважина №8К).

В пределах участков с III категорией устойчивости, согласно СП 116.13330.2012, возможно строительство зданий и сооружений III уровня ответственности с применением противокарстовых мероприятий; зданий и сооружений II уровня ответственности с применением противокарстовых мероприятий, в том числе геотехнических и

конструктивных при наличии специального обоснования целесообразности строительства. Строительство зданий и сооружений I уровня ответственности не рекомендуется.

К IV категории отнесены участки, прилегающие к суффозионным понижениям на расстоянии одного диаметра понижения от его кромки, территория в пределах оврага балки карстово-эрозионного происхождения (участок 1), а также территории, характеризующиеся следующими признаками и критериями оценки карстовой устойчивости.

1. Удаленность от ближайшего поверхностного карстопроявления – 100-250 м.
2. Глубина залегания карстующихся карбонатных пород – от 20,9м (в переотложенном состоянии – скважина №9К) до 41,0м (прослой известняка – скважина №2К); сульфатных пород (гипс) - >45м (скважины №№2К,9К).
3. Наличие открытых и заполненных карстовых полостей в карстующейся толще по бурению – полости отсутствуют, наличие трещин и каверн.
4. Наличие водоупора в перекрывающей толще – выдержанные.
5. Загипсованность перекрывающих отложений – 5-10% (скважина №9К).
6. Наличие зон разуплотнения и трещиноватости – слабые.
7. Коэффициент фильтрации сульфатных отложений (гипс) – 10,6-14,4 м/сут (скважины №№2К,9К).
8. Агрессивность карстовых вод (гипсовая емкость) – 0,48 г/л (скважина №9К).

В пределах участков с IV категорией устойчивости, согласно СП 116.13330.2012 возможно строительство зданий и сооружений III уровня ответственности с применением профилактических противокарстовых мероприятий, зданий и сооружений II уровня ответственности – с применением противокарстовых мероприятий, в том числе геотехнических и конструктивных.

Строительство зданий и сооружений I уровня ответственности допускается при наличии специального обоснования целесообразности строительства.

К V категории отнесена территория, характеризующаяся следующими признаками и критериями оценки карстовой устойчивости.

1. Глубина залегания карстующихся карбонатных и сульфатных пород – >60,0 м (скважины №№1К,3К-7К).

2. Наличие открытых и заполненных карстовых полостей в карстующейся толще по бурению – полости отсутствуют, наличие трещин и каверн.
3. Наличие водоупора в перекрывающей толще – преимущественно водоупорные.
4. Содержание суффозионно-неустойчивых пород – <5%.
5. Отсутствие по данным бурения интервалов известково-доломитовой муки.
6. Загипсованность перекрывающих отложений – <5%.
7. Наличие зон разуплотнения и трещиноватости – слабые.
8. Степень расчлененности кровли сульфатных отложений – кровля сульфатных отложений до глубины 60м не вскрыта.

В пределах участков с V категорией устойчивости, согласно СП 116.13330.2012 возможно строительство зданий и сооружений III уровня ответственности с применением профилактических противокарстовых мероприятий, зданий и сооружений II уровня ответственности с применением профилактических и минимально необходимых конструктивных мероприятий. Строительство зданий и сооружений I уровня ответственности допускается с применением противо-карстовых мероприятий в том числе геотехнических и конструктивных.



Фото 13. Карстовые процессы на участке 2

На последующих стадиях изысканий необходимо проведение зонирования участков по степени карстовой опасности непосредственно под проектируемыми зданиями и сооружениями.

Следует уделить внимание профилактическим мерам противокарстовой защиты, т.к. разрез предрасположен для развития техногенного карста и сопутствующему суффозионному процессу. Наличие утечек из водонесущих коммуникаций приводят к активизации суффозионных процессов (мергель с прослоями известняка) в отложениях шешминского горизонта. К необходимым мерам относятся: планировка территории, зарегулированный отвод талых и дождевых вод, исключение утечек из водонесущих коммуникаций, расширенные отмостки вокруг зданий и максимальное асфальтирование территории, сброс атмосферных осадков с крыш на подгорную сторону.

Других поверхностных проявлений опасных геологических и инженерно-геологических процессов, способных отрицательно повлиять на устойчивость проектируемого строительства, по результатам рекогносцировочного обследования на участке изысканий не обнаружено.

Район работ, согласно приложению А СП 14.13330.2018 (карта ОСР-2015-А), относится к асейсмической области, т.е. области, где землетрясения не происходят или являются редчайшими исключениями. Интенсивность сейсмического воздействия в районе работ может достигать по карте А (массовое строительство) – 5 баллов. Грунты по сейсмическим свойствам относятся к II категории.

Заключение

Обширное строительное освоение г. Уфа в восточной части формирует необходимость детального изучения инженерно-геологических условий территории и создание картографо-цифровой основы для строительства. Находясь на начальном этапе этого пути мною было выполнено: рекогносцировочное обследование, описание керна и сопровождение бурения 9 скважин глубоких карстовых и 49 скважин по 10 м с отбором монолита 1042 погонных метров; отобраны и упакованы 40 монолитов грунта; монолиты подготовлены для изучения лабораторных исследований; проведены опыты грунтов в лаборатории на физико-механические свойства; проанализированы лабораторные данные.

На основе полученных данных в ходе камеральных работ построены: 15 карт-схем по опасным инженерно-геологическим процессам; 3 каталога (координатных выработок, карстово-суффозионных воронок, оврагов и таликов).

Опасные геологические процессы вынесены на карты, выделены и установлены категории устойчивости относительно карстовых провалов, изучены методики по защите строительства от влияния опасных процессов.

Мною была собрана и обобщена геологическая, инженерно-геологическая, гидрогеологическая информация по всей территории исследования. Проанализированы физико-географические, гидрологические условия и геологическое строение территории; а также дана комплексная инженерно-геологическая оценка территории по инженерно-геологическим условиям для формирования базы данных.

В пределах территории исследований наиболее ярко проявляются такие физико – геологические процессы, как: карст, оползневые и эрозионные процессы на склоне р. Юрмаш и по бортам оврагов. Менее активны процессы затопления и подтопления, суффозия.

В ходе изучения всех территорий, выявлена наиболее благоприятные территории для строительства участок 1 и участок 2. На остальных участках требуется выполнение комплекса мер по инженерной защите от опасных геологических процессов

Территория исследования по сложности инженерно-геологических условий относится к III (сложной) категории. Территория исследования требует особого обследования, который будет проводиться в дальнейшем.

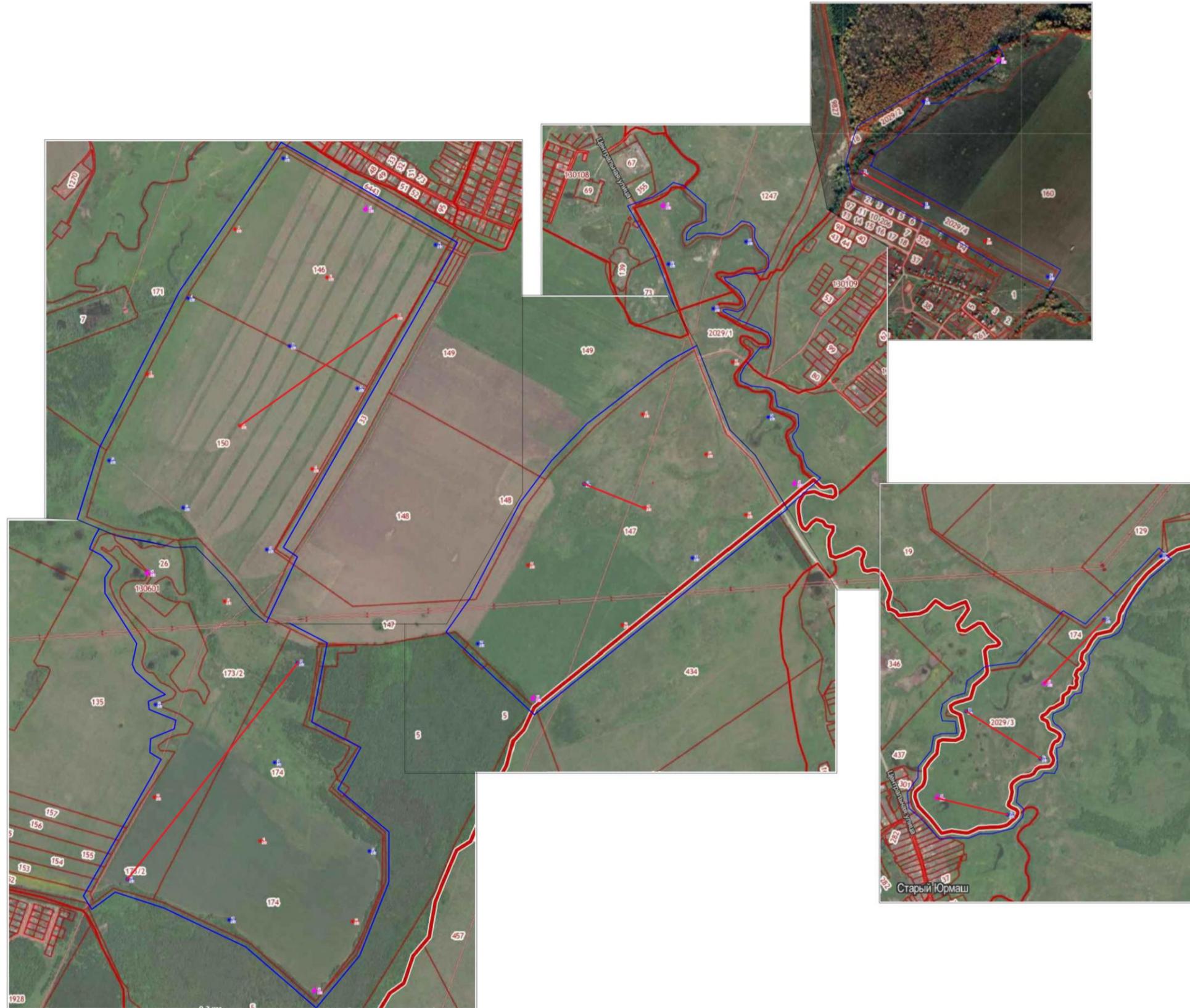
Список литературы

1. ГОСТ 21.301-2014. Основные требования к оформлению отчётной документации по инженерным изысканиям. М., 2015.
2. ГОСТ 21.302-2013. Условные графические обозначения в документации по инженерно-геологическим изысканиям. М., 2015.
3. ГОСТ 5180-2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. М., 2016.
4. ГОСТ 5686-2020. Грунты. Методы полевых испытаний сваями (с Поправками). М., 2021.
5. ГОСТ 12071-2014. Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов. М., 2015.
6. ГОСТ 12248-2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. М., 2012.
7. ГОСТ 20276.1-2020. Грунты. Метод испытания штампом. М., 2020.
8. ГОСТ 20276.2-2020. Грунты. Метод испытания радиальным прессиометром. М., 2020.
9. ГОСТ 20522-2012. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. М: Госстрой России, 2013.
10. ГОСТ 23740-2016. Грунты. Методы определения содержания органических веществ. М., 2017.
11. ГОСТ 25100-2020. Грунты. Классификация. М., Стандартинформ, 2021.
12. ГОСТ Р 58325-2018. Грунты. Полевое описание. М., 2019.
13. СП 14.13330.2018. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*. М., Минстрой России, 2018.
14. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия (с изменениями №1, №2). Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. М., Минстрой России, 2017.
15. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений (с изменениями №1, №2, №3). Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. М., Минстрой России, 2017.
16. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты (с изменениями №1, №2, №3). Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. М., Минрегион России, 2011.
17. СП 28.13330.2017 Защита строительных конструкций от коррозии (с изменениями №1, №2). Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85. М., Минстрой России, 2017.
18. СП 47.13330.2016 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96. М., Минрегион России, 2016.

19. СП 104.13330.2016 Инженерная защита территории от затопления и подтопления. Актуализированная редакция СНиП 2.06.15-85, М., 2017.
20. СП 116.13330.2012. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Минрегион России. М., 2013.
21. СП 131.13330.2018. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*. М., 2019.
22. СП 438.1325800.2019. Инженерные изыскания при планировке территорий. М, 2019
23. СП 446.1325800.2019 Инженерно-геологические изыскания для строительства.
24. ГОСТ 9.602-2016. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии. М., 2016.
25. РД 34.20.508. Инструкция по эксплуатации силовых кабельных линий. Часть 1. Кабельные линии напряжением до 35 кВ. М., 1980.
26. СП 11-105-97. Инженерные изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ. М., ПНИИИС Госстроя России, 1997.
27. СП 11-105-97. Инженерные изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. М., ПНИИИС Госстроя России, 2000.
28. СП 11-105-97. Инженерные изыскания для строительства. Часть III. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов. М., ПНИИИС Госстроя России, 2000.
29. СП 11-105-97. Инженерные изыскания для строительства. Часть VI. Правила производства геофизических исследований. – М., Госстрой России, 2004.
30. ТСН 302-50-95. РБ. Инструкция по изысканиям, проектированию, строительству и эксплуатации зданий и сооружений на закарстованных территориях. Уфа, Госстрой РБ, 1996.
31. Правила ликвидационного тампонажа буровых скважин различного назначения, засыпка горных выработок и заброшенных колодцев для предотвращения загрязнения и истощения подземных вод. М., 1985.
32. Бураков М.Р. Заказ №1362. «Опора базовых станций сети СРТС в н. п. Русский Юрмаш Уфимского района РБ». Том XV. Отчет об инженерно-геологических изысканиях. Уфа, ООО «Архстройизыскания», 2004.
33. И.Ш. Фаизов. «Расширение деревни Шамонино муниципального района Уфимский район Республики Башкортостан" Отчет об инженерно-геологических изысканиях. Уфа, ОАО «Башгипроагропром», 2009.
34. Ярославцева Н.С., Федоров В.Г. Заказ №119-09. «Школа на 550 мест в микрорайоне Шамонино Уфимского района РБ». Том II. Отчет об инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканиях. Уфа, ООО НПП «УралСтройИзыскания», 2009.

35. Савичева Т.И., Идиятуллин И.Р. Заказ №357. «Строительство инженерных коммуникаций и благоустройство (улучшение освещения, строительство внутриплощадочных автомобильных дорог (улиц) д. Шамонино, в том числе внеплощадочные сети водоснабжения. Водопонижение и водоотведение». Том I. Отчет по гидрогеологическим работам. Уфа, ООО фирма «Геодинамика», 2013.
36. Мухнуров А.Г., Идиятуллин И.Р. Заказ №357. «Строительство инженерных коммуникаций и благоустройство (улучшение освещения, строительство внутриплощадочных автомобильных дорог (улиц) д. Шамонино, в том числе внеплощадочные сети водоснабжения. Водопонижение и водоотведение». Том II. Отчет по математическому гидродинамическому моделированию. Уфа, ООО фирма «Геодинамика», 2013.
37. Идиятуллин И.Р., Шайнурова А.Р. Заказ №00820. «Проекты планировок и проекты межевания территорий, расположенных на территории сельского поселения Русско-Юрмашский сельсовет муниципального района Уфимский район Республики Башкортостан». Том I. Отчет об инженерно-геологических изысканиях. Уфа, ООО Уфастройизыскания, 2021.
38. Барышников В.И., Камалов В.Г., «Опасные геологические процессы на территории уфимского «полуострова»», 2019 г.
39. Казанцев Ю. В. Сейсмогенез и структура центрального Башкортостана. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1996. 72 с.
40. Казанцев Ю. В., Казанцева Т. Т. Проявления современной геодинамики на территории г. Уфы. Изв. Отд. Наук о земле и экологии, геология. Уфа: АН РБ, 1997. № 1. С. 72-76.
41. Казанцев Ю.В. Отчет по теме «Изучение характера микросейсмичности в районе ЛПДС Черкасы ОАО «Уралтранснефтепродукт».-Уфа, 2002;
42. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика: Учебное и практическое пособие.- Л.: Недра, 1977 г., 479 с.
43. Пучков В.Н.. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении).-Уфа: 2010 г., 280 с.
44. Рычагов, Г. И., Геоморфология: учебник для академического бакалавриата / Г. И. Рычагов. — 4-е изд. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 396 с.
45. Смирнов А.И. Опасные физико-геологические процессы Республики Башкортостан.- Уфа, 2005.

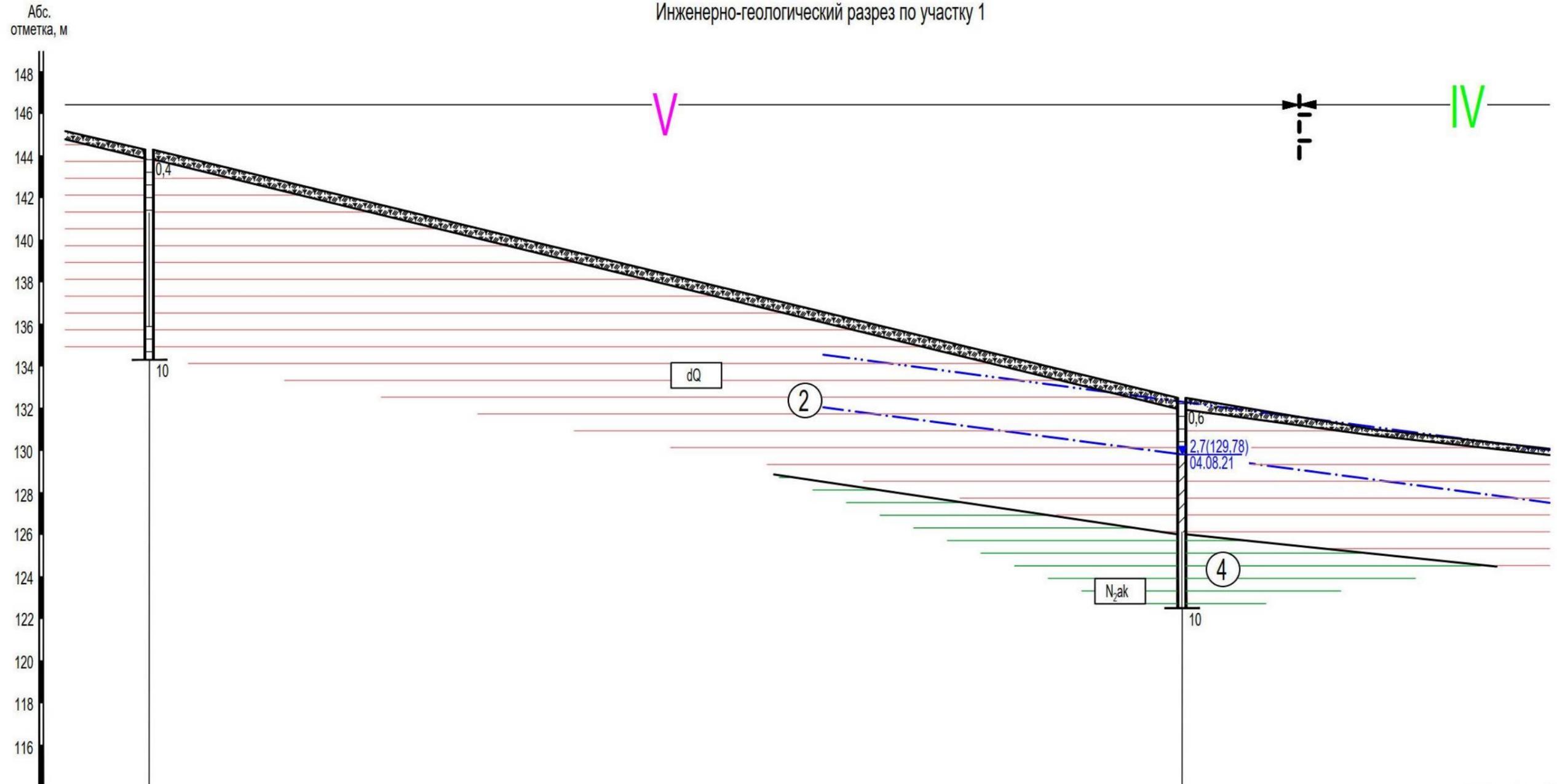
ПРИЛОЖЕНИЕ № 1
Карта-схема территории изысканий с разрезами



ПРИЛОЖЕНИЕ № 2
Инженерно-геологические разрезы

Масштаб: вертикальный 1:200, горизонтальный 1:1000

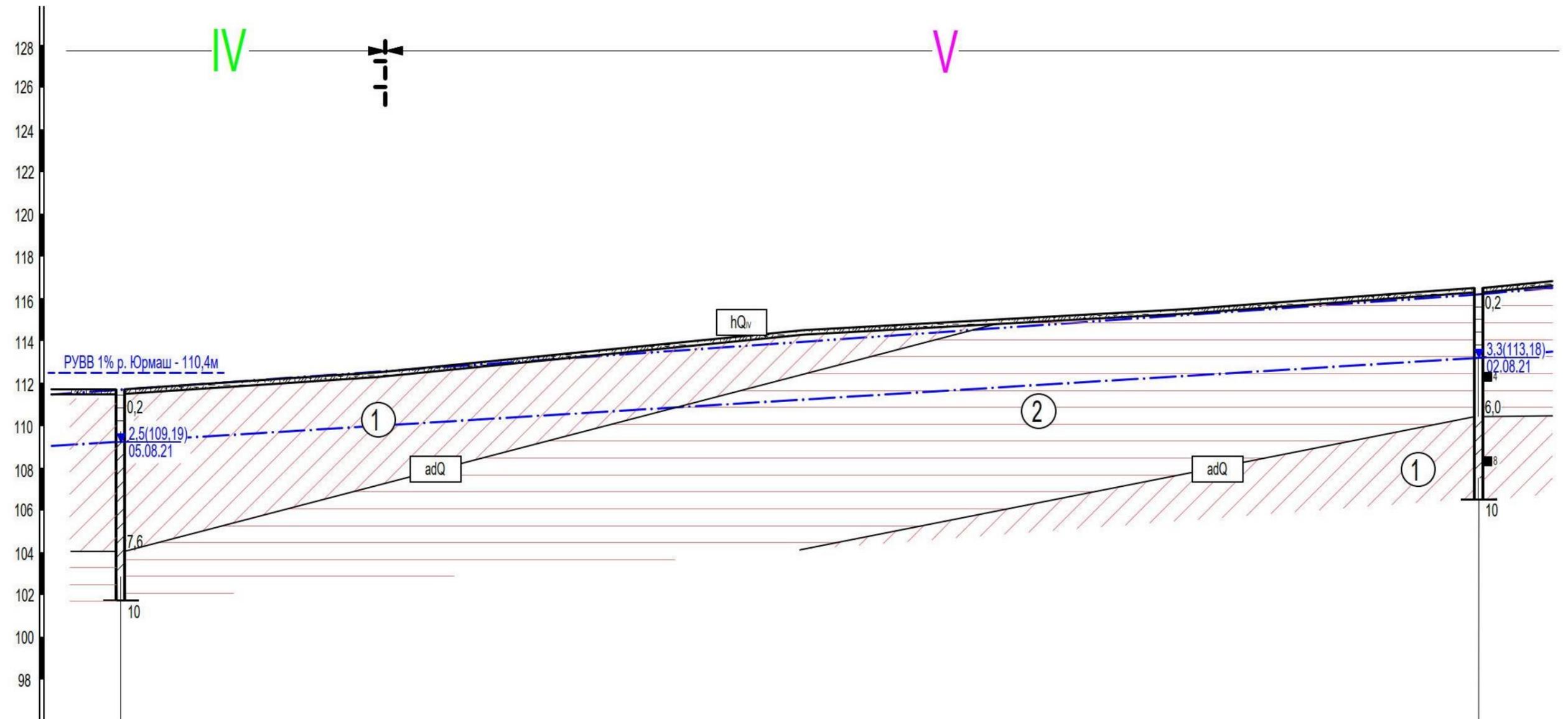
Инженерно-геологический разрез по участку 1



Номер выработки	с-8	с-10
Абс. отметка устья выработки, м	144,29	132,48
Расстояние, м	246	

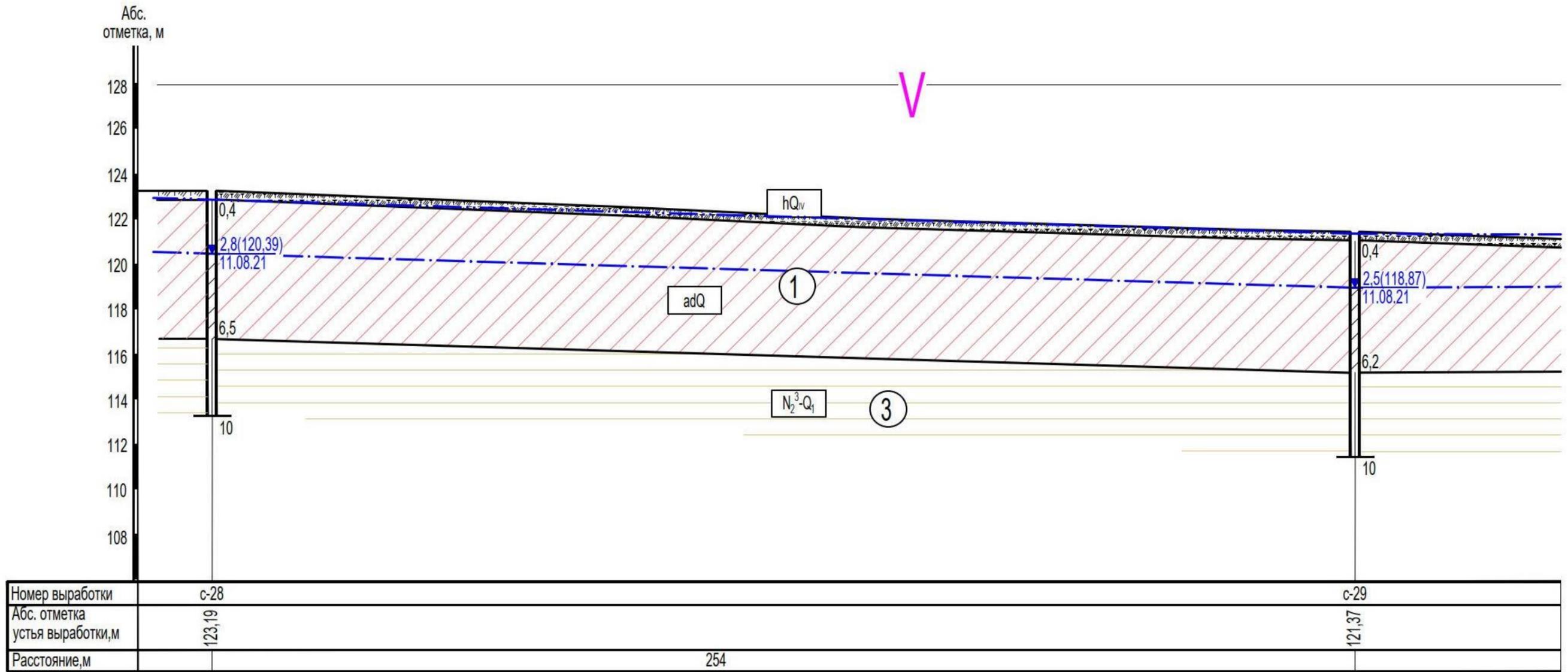
Инженерно-геологический разрез по участку 2

Абс. отметка, м

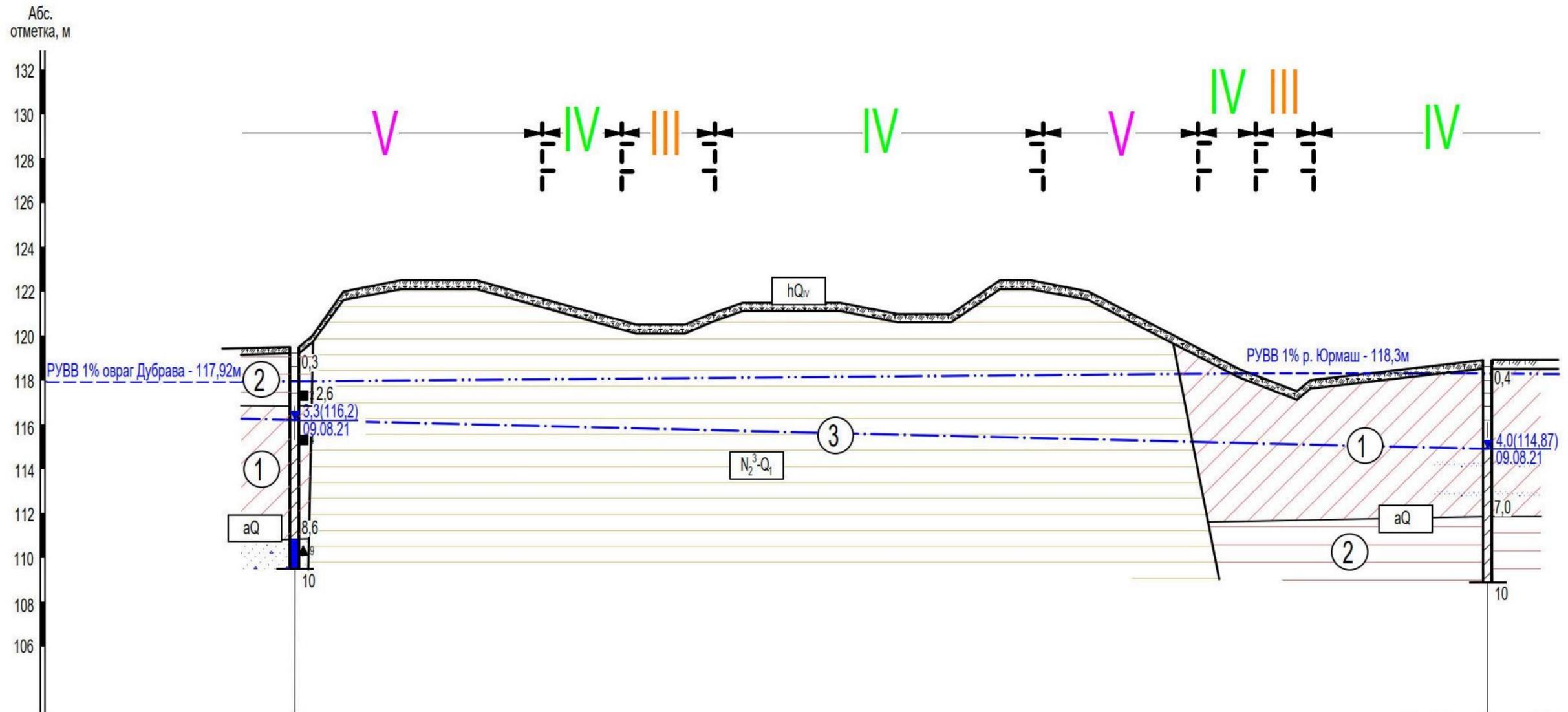


Номер выработки	с-15	с-18
Абс. отметка устья выработки, м	111,69	116,48
Расстояние, м	322	

Инженерно-геологический разрез по участку 3

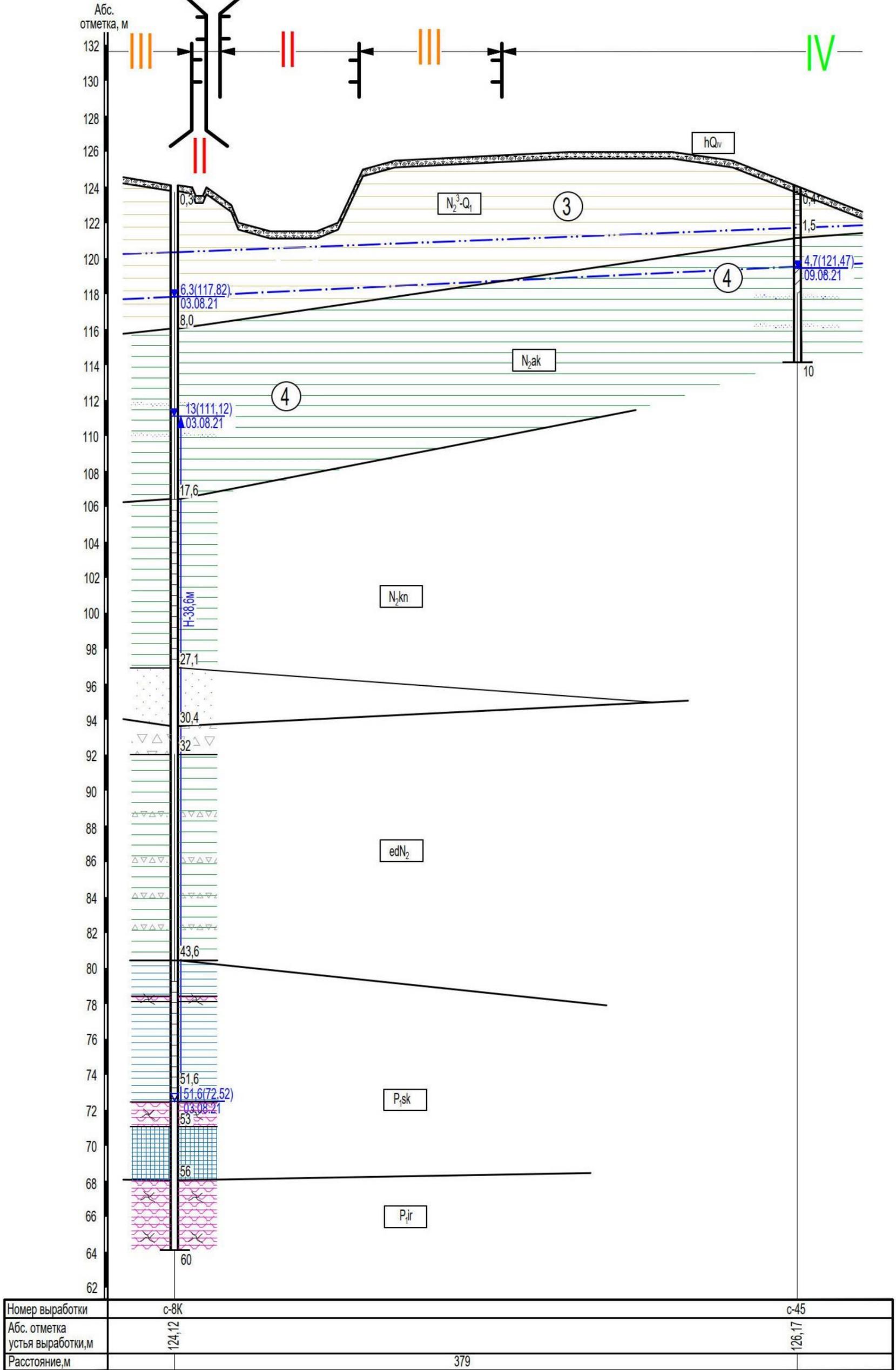


Инженерно-геологический разрез по участку 4

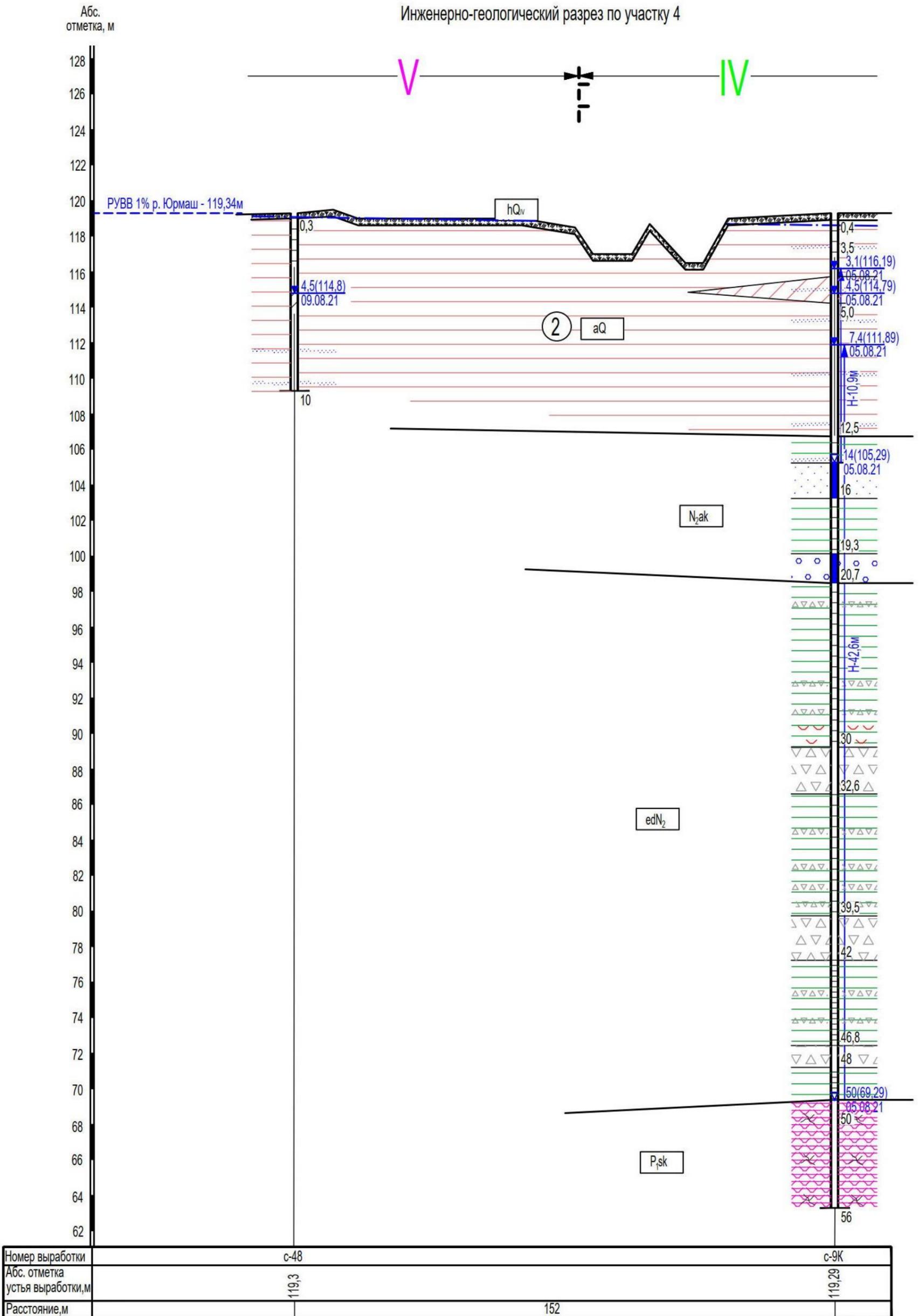


Номер выработки	с-47	с-46
Абс. отметка устья выработки, м	119,5	118,87
Расстояние, м	269	

Инженерно-геологический разрез по участку 4



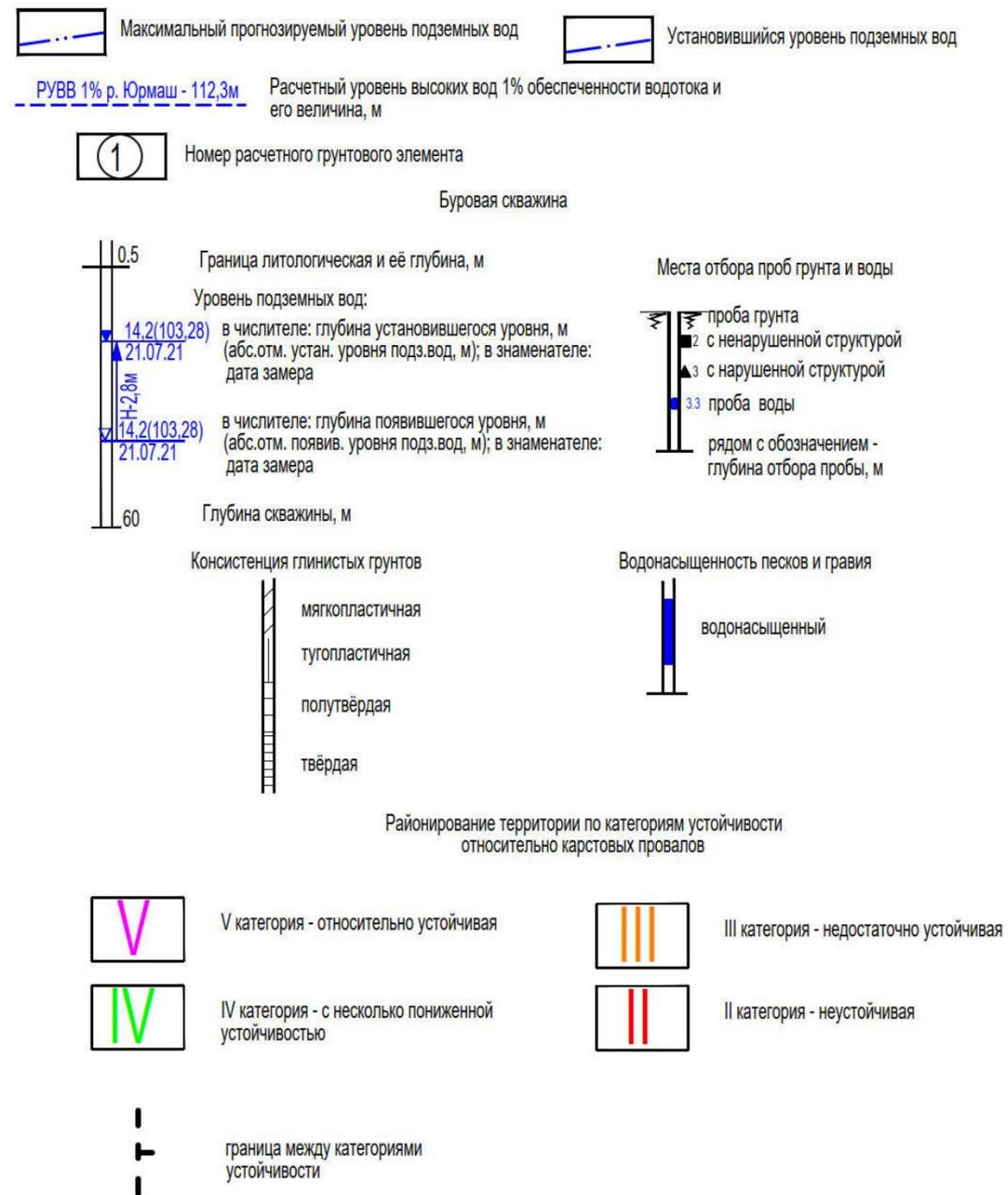
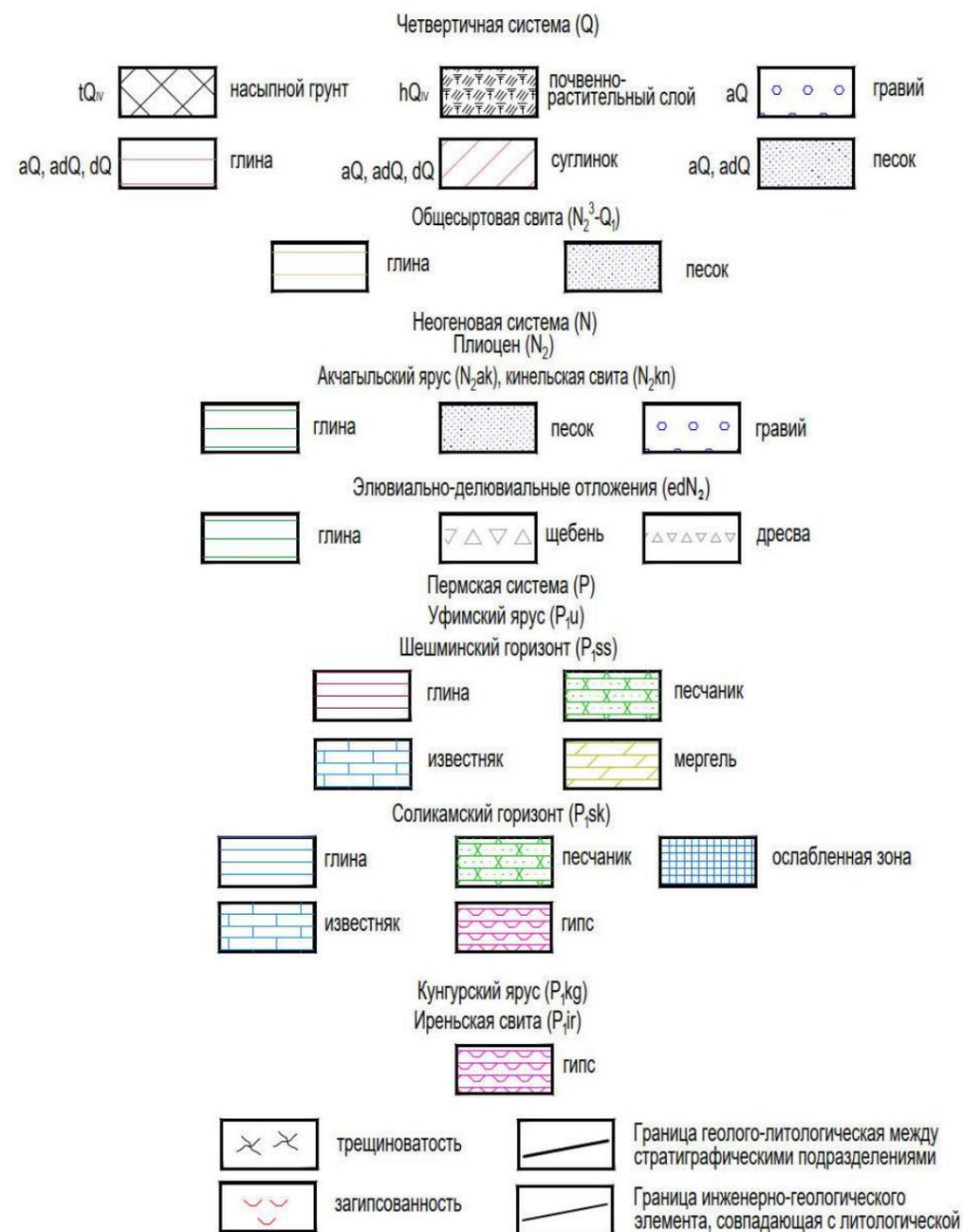
Инженерно-геологический разрез по участку 4



ПРИЛОЖЕНИЕ № 3

Условные обозначения для инженерно-геологических разрезов

Условные обозначения



ПРИЛОЖЕНИЕ № 4
Каталог карстово-суффозионных воронок

№№ на карте (номер по карте)	Морфоме тр. данные	Форма в плане	Генезис	Форма в разрезе	Характеристи ка бортов	Обнаженнос ть бортов	Наличие воды
	длина, м ширина, м глубина, м						
1	<u>6.2</u> <u>8.6</u> 0.7	овальная	суффозионный	блюдецобразная	пологие, бровка неясная	задернованы	нет
2	<u>2.7</u> = 3.1	округлая	карстовый	чашеобразная	крутые, бровка неясная	задернованы	нет
3	<u>2.1</u> = 1.6	округлая	карстовый	чашеобразная	крутые, бровка неясная	задернованы	нет
4	<u>4.4</u> <u>2.8</u> 0.7	овальная	суффозионный	блюдецобразная	пологие, бровка неясная	задернованы	нет
5	<u>8.6</u> <u>6.7</u> -	овальная	суффозионный	блюдецобразная	пологие, бровка неясная	задернованы	да
5н	<u>2.1</u> = 7.3	округлая	карстовый	чашеобразная	крутые, бровка неясная	задернованы	нет
6	<u>4.3</u> <u>2.1</u> 7.1	овальная	суффозионный	блюдецобразная	крутые, бровка неясная	задернованы	нет
7	<u>16.3</u> = 2.2	округлая	карстовый	чашеобразная	крутые, бровка неясная	задернованы	нет
8	<u>11.2</u> = 0.6	округлая	суффозионный	чашеобразная	пологие, бровка неясная	задернованы	нет
9	<u>4.6</u> <u>3.1</u> 1.8	овальная	суффозионный	блюдецобразная	пологие, бровка неясная	задернованы	нет
10	<u>4.7</u> <u>3.7</u> 2.1	овальная	суффозионный	блюдецобразная	пологие, бровка неясная	задернован	нет
11	<u>6.8</u> <u>5.3</u> 2.8	овальная	суффозионный	блюдецобразная	пологие, бровка неясная	задернован	нет
12	<u>70.0</u> <u>41.0</u> 3.0	овальная	суффозионный	блюдецобразная	пологие, бровка неясная	задернован	да
13	<u>65.0</u> <u>31.0</u> 2.8	овальная	суффозионный	блюдецобразная	крутые, бровка заметна	задернованы	нет
14	<u>25.0</u> = 3.2	округлая	карстовый	чашеобразная	крутые, бровка заметна	задернованы	нет
15	<u>6.6</u> <u>5.5</u> 4.5	овальная	суффозионный	блюдецобразная	пологие, бровка неясная	задернованы	нет

16	$\frac{23.7}{18.2}$ 2.8	овальная	суффозионный	блюдцеобразная	крутые, бровка заметна	задернованы	нет
17	$\frac{12.1}{1.2}$	округлая	суффозионный	чашеобразная	пологие, бровка неясная	задернованы	нет
18	$\frac{5.3}{4.8}$	округлая	суффозионный	чашеобразная	крутые, бровка неясная	задернованы	нет
19	$\frac{34.1}{18.5}$ 1.5	овальная	суффозионный	блюдцеобразная	пологие, бровка неясная	задернованы	да
20	$\frac{21.2}{1.8}$	округлая	суффозионный	чашеобразная	пологие, бровка неясная	задернованы	нет
21	$\frac{27.8}{2.3}$	округлая	карстовая	чашеобразная	крутые, бровка неясная	задернованы	нет
22	$\frac{50.4}{43.6}$ 1.7	овальная	суффозионный	блюдцеобразная	пологие, бровка неясная	задернованы	нет
23	$\frac{6.8}{5.4}$ 2.0	овальная	суффозионный	блюдцеобразная	пологие, бровка неясная	задернованы	нет
24	$\frac{31.6}{23.9}$ 1.3	овальная	суффозионный	блюдцеобразная	крутые, бровка неясная	задернованы	нет
25	$\frac{18.0}{14.0}$ 1.1	овальная	суффозионный	блюдцеобразная	крутые, бровка неясная	задернованы	нет
26	$\frac{6.1}{4.9}$ 1.8	овальная	суффозионный	блюдцеобразная	пологие, бровка неясная	задернованы	нет
27	$\frac{13.3}{0.7}$	округлая	суффозионная	чашеобразная	пологие, бровка неясная	задернованы	нет
28	$\frac{11.8}{8.5}$ 0.6	овальная	суффозионный	блюдцеобразная	пологие, бровка неясная	задернованы	нет
29	$\frac{22.3}{0.8}$	округлая	суффозионная	чашеобразная	пологие, бровка неясная	задернованы	нет
30	$\frac{22.8}{16.3}$ 1.1	овальная	суффозионный	блюдцеобразная	пологие, бровка неясная	задернованы	нет
31	$\frac{3.5}{3.0}$ 1.7	овальная	суффозионный	блюдцеобразная	пологие, бровка неясная	задернованы	нет
32	$\frac{20.6}{11.0}$ 0.6	овальная	суффозионный	блюдцеобразная	пологие, бровка неясная	задернованы	нет
33	$\frac{2.7}{2.1}$ 3.0	овальная	суффозионный	блюдцеобразная	крутые, бровка неясная	задернованы	нет
34	$\frac{21.2}{15.9}$ 0.5	овальная	суффозионный	блюдцеобразная	пологие, бровка неясная	задернованы	нет
35	$\frac{27.7}{1.8}$	округлая	суффозионная	чашеобразная	пологие, бровка неясная	задернованы	нет

36	<u>26.5</u> = 3.6	округлая	суффозионный	чашеобразная	крутые, бровка неясная	задернованы	нет
37	<u>3.1</u> <u>2.5</u> 2.6	овальная	суффозионный	блюдцеобразная	крутые, бровка неясная	задернованы	нет
38	<u>24.3</u> = 1.7	округлая	суффозионный	чашеобразная	пологие, бровка неясная	задернованы	нет
39	<u>14.0</u> <u>8.8</u> 0.8	овальная	суффозионный	блюдцеобразная	пологие, бровка неясная	задернованы	нет
40	<u>15.5</u> <u>10.2</u> 1.3	овальная	суффозионный	блюдцеобразная	пологие, бровка заметная	задернованы	нет
41	<u>10.5</u> <u>6.3</u> 1.8	овальная	суффозионный	блюдцеобразная	пологие, бровка заметная	задернованы	нет
42	<u>40.0</u> = 3.7	округлая	суффозионный	чашеобразная	крутые, бровка неясная	задернованы	нет
43	<u>4.2</u> <u>3.7</u> 4.6	овальная	суффозионный	блюдцеобразная	крутые, бровка неясная	задернованы	нет
44	<u>5.1</u> <u>2.3</u> 1.0	овальная	суффозионный	блюдцеобразная	пологие, бровка неясная	задернованы	нет
45	<u>1.5</u> = 5.0	округлая	карстовая	чашеобразная	крутые, бровка неясная	задернованы	нет
46	<u>4.3</u> <u>2.9</u> 1.7	овальная	суффозионный	блюдцеобразная	пологие, бровка неясная	задернованы	нет
47	<u>7.1</u> = 1.7	округлая	карстовая	чашеобразная	крутые, бровка неясная	задернованы	нет