

Санкт-Петербургский государственный университет

УСИНА Алия Маратовна

Выпускная квалификационная работа

Оценка инженерно-геологических условий территории с повышенной сейсмичностью (на примере Крымского полуострова)

Уровень образования:

Направление 05.04.01 «Геология»

Основная образовательная программа ВМ.5515.2018 «Геология»

Профиль «Инженерная геология»

Научный руководитель:

К.г.-м.н, старший преподаватель
кафедры грунтоведения и инженерной геологии
Еремеева Анастасия Александровна

Рецензент: руководитель
отдела инженерных изысканий
ООО «Промакс»

Панарина Нино Джумберовна

Санкт-Петербург

2020

Оглавление

Введение	3
1. Физико-географическое описание и экономическая характеристика района	5
1.1. Географическое положение и рельеф	5
1.2. Гидрография	8
1.3. Климат	9
1.4. Экономическая характеристика региона	10
2. Геологические условия района	11
2.1. Геологическое строение	11
2.1.1. Стратиграфия	11
2.1.2. Тектонические условия	24
2.2. Геоморфологические условия	29
2.3. Гидрогеологические условия	32
3. Специальная часть	33
3.1. Структура оценки сейсмических воздействий	33
3.1.1. Сейсмическое микрорайонирование	34
3.1.2. Выбор эталонных грунтов	34
3.2. Методы оценки сейсмических воздействий	35
3.2.1. Метод сейсмических жесткостей	35
3.2.2. Определение исходной величины сейсмичности	37
3.2.3. Численное моделирование влияния сейсмических воздействий с учетом инженерно- геологических условий площадки	37
3.3. Сейсмический режим изучаемой территории	39
3.4. Модель источников землетрясений	42
3.5. Характеристика участков возникновения очагов землетрясений района исследований	44
3.6. Сейсмический режим участков возникновения очагов землетрясений района исследований	46
3.7. Инженерно-геологические условия участков изысканий	47
3.8. Расчет устойчивости склона с учетом сейсмического воздействия	63
3.9. Сравнительный анализ сейсмической активности участков по результатам исследований	66
Выводы	68
Список литературы	70
Приложения	74

Введение

В настоящее время проводится активное строительство в Республике Крым и большая часть зданий возводится в районе южного побережья, который относится к зоне с повышенной сейсмичностью.

Актуальность работы

Данная работа посвящена оценке инженерно-геологических условий южного побережья Крымского полуострова на основе ранее проведенных изысканий на нескольких участках строительства.

В связи с тем, что проведение сейсмического микрорайонирования на исследуемых участках с повышенной сейсмичностью считается обязательным (СП 14.13330.2018), в работе поднимается вопрос о том, действительно ли обосновано проведение таких исследований, устанавливающих сейсмичность именно рассматриваемого участка, или достаточно общедоступных сведений, нанесенных на карты ОСР-2015 для каждого региона нашей страны.

Цель работы

Целью данной работы является анализ требований к инженерно-геологическим изысканиям в зонах с повышенной сейсмичностью на примере исследований, проведенных на Крымском полуострове.

Основные задачи

1. Оценка сейсмичности участков на основании имеющихся данных и нормативной документации, сравнение полученных данных.
2. Исследование влияния сейсмичности на развитие инженерно-геологических процессов на примере оценки оползневого склона.
3. Изучение результатов сейсмического микрорайонирования на ранее изученных участках.

Фактический материал и личный вклад автора

Для исследования использовались отчетные материалы по результатам полевых и камеральных работ, полученные от следующих компаний:

- ООО «СТРОЙПРОЕКТ»
- ООО «Горизонт-2»
- ООО «ГеоМир-82»

- ООО «Крыминженергеология»
- ООО «НПП «КрымСпецГеология»
- ООО «ЭКОСТАНДАРТ «Технические решения»

При прохождении производственной практики в 2019-2020 гг автор лично принимал участие в составлении отчетной документации по инженерно-геологическим изысканиям в компании ООО «ЭКОСТАНДАРТ «Технические решения».

В ходе написания работы были использованы программы Microsoft Office, AutoCAD и GeoStab, предоставленные автору в пользование вышеуказанной компанией.

Практическая значимость

Результаты, полученные в данной работе, могут использоваться далее при рассмотрении вопроса о необходимости проведения полноценных работ по сейсмическому микрорайонированию на участках, архивные данные по которым уже имеются или выполнены на смежных территориях, в аналогичных инженерно-геологических условиях.

Благодарности

Автор выражает благодарность научному руководителю, старшему преподавателю кафедры и грунтоведения и инженерной геологии Института Наук о Земле, Еремеевой Анастасии Александровне за помощь, советы и наставления при написании этой работы.

Выражается благодарность всему педагогическому коллективу кафедры грунтоведения и инженерной геологии за все знания и навыки, которыми они делились с нами на протяжении всего периода обучения.

Также, автор благодарит коллектив Департамента Инженерных изысканий группы компаний ЭКОСТАНДАРТ за неоспоримую помощь и доверие в начале карьерного пути в области инженерных изысканий.

Отдельная благодарность выражается родителям и брату за веру и поддержку в самые непростые моменты обучения.

1. Физико-географическое описание и экономическая характеристика района

1.1. Географическое положение и рельеф

Полуостров Крым расположен на крайнем юге Восточно-Европейской равнины. Его территория омываемая Черным и Азовским морями, занимает площадь в 26,1 тыс. км². Его западный берег образован Тарханкутским полуостровом, восточный - Керченским. На севере Крым соединен восьмикиллометровым Перекопским перешейком с Херсонской областью (Рис.1).

По рельефу Крым делится на две основные части. На севере и в центре протягивается широкая полоса равнин с перепадами высот 0,5 - 30 м над уровнем моря. Низменные равнины осложнены на западе полуострова пологими склонами Тарханкутской возвышенности с отметками до 170 м над уровнем моря, а на востоке холмистым плоскогорьем Керченского полуострова с абсолютными отметками возвышенных участков до 190 м. Южная часть Крыма - горная, простирается от Севастополя до Феодосии с юго-запада на северо-восток в виде дуги шириной 60 км и длиной 180 км с максимальной высотой 1545 м (Роман - Кош).



Рисунок 1. Обзорная карта Крымского полуострова

Крымский горный хребет вытянут вдоль Южного берега Крыма в виде пологой, протягивающейся почти на 100 км, дуги. Западный конец этой дуги выходит к морю в

районе Балаклавы и мыса Айя, а восточный между мысом Ильи и мысом Кикк-Атлама (близ Феодосии).

Крымские горы обычно подразделяются на три гряды. Первая из них, Главная гряда, самая южная, имеет высоту до 1200-1500 м. Она состоит из ряда столовых вершин-нагорий, или, как их называют, «яйл», и системы коротких небольших горных хребтов. Вторая, Предгорная гряда, значительно более низкая (до 600-750 м над уровнем моря), протягивается примерно параллельно первой, на некотором расстоянии от нее. Третья, еще более низкая, Внешняя гряда, не всюду хорошо вытянута вдоль Предгорной, разделяя собой равнинный и горный Крым. Северные склоны этой гряды незаметно сливаются с равнинным Крымом.

Главная гряда возвышается над Южным берегом Крыма почти отвесными высокими известняковыми стенами. Поверхность нагорий представляется собой всхолмленное плато, над которым поднимаются отдельные небольшие вершины. Они, как и вся поверхность, крымских нагорий, обычно безлесны и покрыты травяным покровом. Лишь склоны Главной гряды и отдельные прорезающие их ущелья и овраги поросли густым дубовым и буковым лесом; вдоль Южного берега местами имеется сосновый бор, а внизу в некоторых участках – своеобразный лес из древовидных можжевельников.

Главная гряда в юго-западной части Крыма состоит из соединенных между собой плато Ай-Петринской, Никитской и наиболее высокой Бабуга-яйлы. Более восточную часть гряды образует Палат-гора, или Чатыр-Даг, и далее очень широкие, постепенно понижающиеся к северу нагорья Демерджи, Долгоруковской и Караби-яйлы. Самая восточная часть Главной гряды более лесиста и сильно расчленена. Она состоит из ряда отдельных высоких хребтов и гребней, разделенных глубокими долинами.

У подножия Главной гряды тянется узкая полоса южного побережья Крыма, закрытого от действия северных ветров. В своей большей юго-западной части южный берег славится мягким и влажным климатом, позволяющим существовать субтропической вечнозеленой растительности.

К северу Главную гряду от Предгорной отделяет довольно широкая, сильно всхолмленная полоса, расчлененная густой сетью речек и оврагов. Она отличается нестройным характером рельефа и сравнительно небольшими высотами.

Промежуточную полосу ограничивают крутые, обращенные к югу обрывы Предгорной гряды, противоположные склоны которой полого понижаются к северу. Предгорная гряда по своему строению представляет систему куэст. Ее южные обрывы

обязаны своим происхождением разрыву. Пологие северные склоны являются в то же время кровлей слагающих ее слоев.

Предгорную гряду отделяет от Внешней в местах, где последняя достаточно хорошо выражена, асимметричное продольное понижение.

Наиболее крупные реки горного Крыма берут начало в склонах Главной гряды и затем пересекают поперек предгорные гряды, выходя в степь. Среди них наиболее длинная р. Салгир, на которой стоит г. Симферополь. Значительны, также, ее правые притоки - Большая Карасу и Малая Карасу, пересекающие Предгорную гряду в районе Белогорска. Река Салгир и, протекающая восточнее, р. Индол, впадают в Восточный Сиваш. Реки юго-западной части горного Крыма, прорезающие Предгорную и Внешнюю гряды между Симферополем и Севастополем - Альма, Кача и Бельбек - впадают в Черное море (Евпаторийский залив). (Тимченко З.В., 2002)

Все реки обычно очень немногочисленны, а их притоки часто пересыхают летом. Реки имеют характер типичных южных горных речек, быстро наполняющихся после дождей и почти пересыхающих в сухие периоды. Иногда, после сильных ливней в горах, они на короткое время превращаются в бурные и мутные потоки. Короткие реки южного склона Главной гряды отличаются крутым уклоном русла и при разливах имеют более спокойный характер и обычно совершенно пересыхают летом.

Керченский полуостров отделен от горного Крыма сравнительно узким Акмонайским перешейком и представляет по рельефу всхолмленную степь. Возвышенности здесь образуют чрезвычайно характерные, сравнительно узкие гряды и отдельные гребни. Расположение их и находящихся между ними понижений теснейшим образом связано с тектоникой полуострова. Наиболее выдержанным из этого ряда гребней является Парпачский, вытянутый сначала широтно, а затем отклоняющийся к юго-востоку, к берегу Черного моря. Он отделяет, так называемую, юго-западную равнину от остальной части полуострова. (Под ред. К. Г. Логвинова и М. Е. Барабаш, 1982)

1.2. Гидрография

Все реки крымского полуострова начинаются на склонах Крымских гор, причем некоторые из них расположены исключительно в их пределах. Поэтому Горный Крым отличается довольно большой густотой речной сети: на северном склоне Крымских гор она составляет $0,24 \text{ км/км}^2$, а на северо-западном $0,30 \text{ км/км}^2$.

По своему местоположению и некоторым гидрологическим особенностям реки Горного Крыма делятся на три группы: северо-западного, южного и северного склонов.

Реки южного склона Главной гряды в большинстве своем короткие. Наиболее масштабными из них являются: р. Хостабаш у Алупки, реки Учан-Су (Водопадная) и Дерекойка (Быстрая), впадающие в Ялтинский залив, реки Авунда и Восточный Путамис, впадающие в Гурзуфский залив, Алуштинская речка или Улу-Узень Западный и р. Демерджи, впадающие в море у Алушты, р. Улу-Узень Восточный в районе Солнечногорска, р. Ускут в районе с. Приветное, р. Ворон у с. Морское, Судакская речка в пределах г. Судака, Отузка у пос. Крымское Приморье близ Карадага.

Главная гряда, сложенная в верхней части трещиноватыми и закарстованными известняками и обладающая высокой проницаемостью, играет роль важного водосбора рек южной группы. Однако слагающие эту гряду пласты пород падают на север и северо-запад, поэтому поверхностный, а также, очевидно, и глубинный водоразделы Крымских гор очень сдвинуты южнее. Все это определяет малую протяженность рек в длину, их малые водосборные площади, маловодность, большие уклоны и скорости течения. Местами южные реки образуют водопады: Учан-Су на одноименной реке, Головкинского на Алуштинской реке, Джур-Джур.

Реки южной группы отличаются, также, малой продолжительностью весеннего половодья. В условиях теплой и мягкой зимы и осенью таяние снега и выпадение дождя часто влекут за собой сильные подъемы уровня рек этой группы.

Реки северных склонов Крымских гор впадают в Азовское море, точнее в его залив Сиваш. Это Салгир со своими правыми притоками: Малым Салгиром, Зуей, Бештереком, Бурульчой и Большой Карасу, Танас, затем Восточный Булганак и Индол. Самой полноводной рекой Крыма является Салгир.

Реки северо-западных склонов главной гряды впадают в Черное море на западном побережье Крыма. Это Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная. Все реки в горном Крыму питаются от многочисленных источников, в большинстве своем карстовых.

Северный и северо-западный склоны Крымского горного поднятия значительно шире и положе южного. В связи с этим реки здесь имеют более значительную длину, гораздо значительные водосборные площади, меньшие уклоны, менее стремительное течение и более полноводны. (Тимченко З.В., 2002)

1.3. Климат

Климат Крыма очень разнообразен. Как и во многих горных странах, он резко меняется с высотой. В северных предгорьях (район Симферополя, Соколиного) климат теплых лесостепей с умеренно жарким засушливым летом.

Климат района умеренно тёплый, морской. Снежный покров держится менее месяца, а в исключительных случаях не образуется совсем. Календарный зимний период влажный, с повышенной ветровой деятельностью. Весна довольно сухая, а осень наоборот – относительно влажная с повышенным количеством дождей. Лето жаркое. По данным опорной ГМС г. Севастополя многолетняя среднегодовая температура воздуха составляет +12,50°С.

Самый холодный месяц – январь имеет среднемесячную температуру +3,40°С, абсолютный минимум температуры -19,90°С. Самый тёплый месяц – июль, со средней температурой воздуха +22,80°С, максимум составляет +38,30°С.

Среднемесячная годовая сумма осадков составляет 424,4 мм. Из общего количества осадков около 80% приходится на жидкие осадки, 15% на смешанные и 5% на твердые. В течение года около 100 дней с осадками, дающие не менее 0,1 мм воды. На Южном берегу Крыма осадков выпадает от 400 до 600 мм.

Выпадение осадков в Крыму отличается большой неравномерностью. Более половины их выпадает зимой. Летом часты ливневые дожди: в среднем их бывает до трех в сезон. Во время ливня расходуется значительный процент годовой нормы осадков. (Ведь И.П., 2000)

По приложению Ж СП 20.13330 для исследуемых районов принимаются:

-снеговой покров района – I для юго-западных районов и II для южных и юго-восточных районов полуострова

-ветровой район по давлению ветра – III для юго-восточных районов и II для южных;

-по толщине стенки гололеда – все рассматриваемые районы полуострова относятся к категории III;

-по минимальной температуре (°C) воздуха колеблется от -14 до -20 градусов;

-по максимальной температуре воздуха (°C) от +32 до +34°C.

1.4. Экономическая характеристика региона

Промышленность в Крыму развита достаточно слабо и размещена по территории неравномерно, концентрируясь в основном на морском побережье. Предприятия химического производства расположены на севере полуострова (Армянск, Красноперекопск), промышленность строительных материалов получила развитие в Предгорье (Инкерман, с. Скалистое и с. Лозовое Бахчисарайского р-на), судостроение в Севастополе, Феодосии и Керчи.

Природоохранное природопользование представлено сетью заповедников, заказников, памятников природы, заповедных урочищ, и расположено в основном в горной части полуострова. Основу заповедного природного фонда Крыма образуют 6 государственных природных заповедников: Крымский с филиалом «Лебяжий остров», Ялтинский, «Мыс Мартыан», Карадагский, Казантипский и Опукский. (Апостолов Л. Г., 1985). Они занимают 45% общей площади заповедного фонда полуострова. На полуострове образовано также 33 государственных заказника, 87 государственных памятников природы, 21 парк-памятник садово-паркового искусства, 10 государственных заповедных урочищ. В целом, природоохранные территории занимают лишь около 8% территории, что в два раза ниже рекомендуемого ООН оптимального уровня заповедной насыщенности. (Бабенко Г.А., 2001)

Развитию рекреационного природопользования в полной мере способствует разнообразие природных условий, природно-ресурсного потенциала, богатое культурное наследие. Рекреационные учреждения по территории Крыма распределены неравномерно. Наибольшую концентрацию они составляют на Южном и Юго-восточном берегу Крыма, занимая 51% всех здравниц полуострова, на западном-берегу- 39%, восточном- 8% и в глубинных территориях - менее 3%. Менее всего в рекреационном плане освоено восточное побережье, территория «Арабатской стрелки, и побережье Казантипского залива. Примерно 97% здравниц сконцентрированы на узкой трехкилометровой прибрежной полосе моря. В глубинных территориях (горных и предгорных) размещены небольшие

здравницы, преимущественно это детские лагеря, туристические базы, расположенные на туристических маршрутах.

Наличие туристских ресурсов дают возможность развивать в Крыму не столь традиционные формы туризма, такие как: конный, велосипедный туризм, скалолазание, дельтапланеризм, винные и охотничьи туры, вертолетные экскурсии, прогулки на яхтах, подводные погружения с аквалангом и т.д. (Кудрик И., 2008)

2. Геологические условия района

2.1. Геологическое строение

2.1.1. Стратиграфия

Мезозойские отложения

Главную роль в строении горного Крыма играют триасовые, юрские и меловые отложения. Среди триасовых отложений известны пока только породы верхнего отдела. Вместе с отложениями нижнего отдела юрской системы они образуют единую мощную таврическую серию. Верхнеюрские и нижнемеловые отложения развиты очень полно, представлены почти всеми ярусами и достигают значительной мощности. Верхнемеловые отложения, слагая Предгорную гряду, участвуют вместе с третичными слоями в строении крыльев антиклинального поднятия горного Крыма и его восточного погружения.

Верхнетриасовые и лейасовые отложения (серия таврических сланцев)

Таврическая серия слагает основание Крымских гор. Серия состоит из частого чередования тёмных глинистых пород- аргиллитов с прослоями кварцевых плотных алевролитов и песчаников.

Аргиллиты темно-серые, слегка коричневатые или зеленоватые, иногда почти черные, довольно слабо метаморфизованы. Обычно хорошо рассланцованы или же представляют собой плотные аргиллиты с оскольчатой отдельностью.

Алевролиты играют подчиненную по мощности роль, образуя прослои толщиной от нескольких сантиметров до 1 м, неравномерно распределенные среди глинистых пород. Изредка наблюдается местное преобладание алевролитов. В подобных случаях серия приобретает облик типичного флиша. Преобладают очень плотные кварцевые мелкозернистые алевролиты.

В чередовании слоев наблюдается определенный порядок- ритмичность. Обычно слои алевролитов правильно чередуются с аргиллитами, а слои песчаников встречаются изредка, залегая всегда под слоем аргиллита. Кроме тонких прослоев песчаников, в таврической серии встречаются в виде линз более грубые светло-серые кварцевые песчаники с прослоями мелкогалечниковых конгломератов.

Породы таврической серии повсюду чрезвычайно сильно дислоцированы, образуя мелкие, опрокинутые в одном направлении складки, осложненные надвигами и зонами дробления. Складчатость в этой мощной толще чрезвычайно усложняет установление какой-либо последовательности напластования и не позволяет приблизительно установить мощность серии.

Формирование осадкой таврической серии связано, как и для всех флишевых толщ, с периодическим сносом в область накопления то более грубого, то более тонкого материала. В свою очередь эта ритмичность в накоплении осадков обычно связывается с колебательными- орогеническими- движениями земной коры в соседних областях размыва, откуда поступал обломочный материал. В данном случае, область смыва располагалась на севере, откуда поступал материал в флишевую геосинклиналь, где и происходило накопление таврических аргиллитов и песчаников. Вместе с тем, снос материала происходил также и с юга, из области современного Черного моря. Там, очевидно, недалеко располагались зоны поднятий.

После накопления пород таврической серии в горном Крыму был длительный перерыв в отложении осадков, охвативший время самого конца лейаса и начала средней юры. В это время таврические породы были смяты в складки. Средняя юра повсюду в Крыму ложится с резким угловым несогласием и следами размыва на только что упомянутые породы, что и говорит о крупном перерыве в отложении осадков на грани нижней и средней юры. (Муратов М.В., 1959)

Среднеюрские отложения

Среднеюрские отложения часто характеризуются таким же ритмичным чередованием глинистых пород и песчаников, как и таврическая серия. Отложения повсеместно в Крыму несогласно налегают на размытую поверхность дислоцированных таврических сланцев. Истинная мощность всей толщи среднеюрских отложений остается невыясненной, хотя они дислоцированы значительно слабее, чем таврическая серия, и мощность отдельных разрезов вполне поддается измерению. По всей видимости, мощность их достигает 1500-2000 м.

Среднеюрские отложения во многих районах Крыма содержат фауну байосского и батского ярусов, хотя точно разделить их по этим ярусам не удастся. Они образуют в Крыму четыре крупных района распространения.

Первым является полоса Южного берега от его западной оконечности до Алушты, где породы участвуют в строении ряда крупных складчатых структур. Нижние горизонты их состоят из чередования глинистых пород и песчаников с отдельными линзами сплошных среднезернистых крепких серых песчаников, иногда с галькой и кусочками угля.

Вторым районом распространения среднеюрских пород является северный склон Главной гряды в верховьях рек Бельбека, Качи и Альмы. Здесь эти породы участвуют в строении южного крыла Качинского антиклинория и по характеру разреза заметно отличаются от пород Южного берега тем, что состоят в значительной нижней части из слоистых песчаников и содержат углистые прослойки. Известны и прослои порфиритов и вулканических туфов.

Третий район распространения среднеюрских отложений вытянут вдоль Предгорной гряды, и породы байоса и бата здесь участвуют в строении северо-западного крыла качинского антиклинория. Они состоят из аргиллитов с прослоями песчаников, а выше - из эффузивов, порфиритов, базальтов и туфов.

Четвертый район распространения среднеюрских пород охватывает восточную часть горного Крыма - окрестности селений Рыбачьего, Судака и Планерского. Здесь также распространены преимущественно темные глинистые породы с прослоями песчаников и флишеподобные толщи, переходящие у Рыбачьего в флиш. Здесь в пределах Туакского поднятия, в основании средней юры, залегают грубые песчаники и аргиллиты, а выше наблюдается чередование тонких слоев алевролитов и аргиллитов, образующих однообразную толщу флиша. По найденной здесь фауне эти слои можно отнести к батскому ярусу.

Восточнее, в Судакском синклинии развита мощная глинистая толща, низы которой относятся к байосу, где располагается самая большая толща эффузивных пород, образующая знаменитую Карадагскую горную группу.

Карадагская туфоловая серия состоит из чередующихся слоев туфов и туфогенных пород с отдельными прослоями лав и туфобрекчий. Она сопровождается дайками и пластовыми жилами, экструзивными образованиями. В области своего максимального развития она достигает мощности около 400-500 м. Вулканические породы Карадага связаны с длительными и разнообразными проявлениями вулканической

деятельности, главным образом трещинными излияниями, дайками и нековыми интрузиями. Возраст извержений Карадага определяется находками аммонитов в туфтовой серии как верхнебайосский- батский.

Отложению среднеюрских пород в горном Крыму предшествовал большой перерыв в образовании осадков, вызванный общими поднятиями, которые охватили территорию Крыма. О них свидетельствует повсеместное несогласное залегание среднеюрских отложений на таврической серии и отсутствие нижней части средней юры (ааленского яруса). Отложение среднеюрских осадков происходило в обстановке, сходной с образованием таврической серии в том же геосинклинальном прогибе. (Бобылев В.В., 1960)

Верхнеюрские отложения

Верхнеюрские отложения почти повсюду залегают трансгрессивно и резко несогласно на средней юре или прямо на породах таврической серии. Общая мощность отложений сильно колеблется в горном Крыму. В северном направлении мощность сильно уменьшается и к предгорьям едва достигает нескольких сотен метров.

Верхнеюрские отложения можно подразделить в Крыму на три самостоятельных комплекса пород, разделенных в большинстве районов несогласиями.

Нижний из них относится к келловейскому ярусу, распространенному только в восточной и западной частях Крымских гор. Келловей представлен толщей глин с тонкими прослоями песчаников и известняков, напоминающей глинистый флиш. Мощность его достигает 600 м. Иногда встречаются прослой оолитовых песчаных мергелей и пласты более мощных оолитовых песчаников.

Второй, в основном, относится к оксфорду; точнее, судя по определениям фауны, к выделяемому в пределах альпийской геосинклинальной области Южной Европы лужитанскому подъярусу или верхнему оксфорду и, в меньшей степени, к нижнему оксфорду. (Моисеев А.С., 1926)

Эти отложения более распространены, чем келловейские. В пределах Судакского синклинория они согласно налегают на келловей, в других районах всюду перекрывают подстилающие породы с резким несогласием. В районе Судака и Меганомского полуострова оксфорд- лужитанские отложения состоят из серых глин с прослоями известняков и алевролитов с отдельными небольшими массивами известняков рифового

характера, местами с небольшими линзами и пластами песчаников и конгломератов. Верхние горизонты слагает характерная свита светло-серых зеленоватых глин с тонкими выдержанными прослоями бурых сидеритов и мелкозернистых песчаников, по характеру напоминающая фиш (козская свита). Общая мощность оксфорд-лузитанских пород достигает 1500-2000 м.

Западнее, близ Судака, среди этих глин и алевролитов появляются массивы крепких серых известняков, представляющие настоящие коралловые рифы. Рифовые массивы расположены вдоль западного центроклинального замыкания Судацкой синклинали.

Третий комплекс кимеридж-титонских отложений широко распространен в пределах горного Крыма. Он отделен от оксфорд-лузитанских обычно резким несогласием, ложится трансгрессивно на различные горизонты подстилающих пород.

В Судацком синклинории на склонах хребта Манджил кимеридж-титонская флишеподобная глинистая толща сложена свитой глин и алевролитов с довольно мощными прослоями известняковых брекчий и известняковых конгломератов мощностью 600 м. Выше залегают конгломераты из разнообразной хорошо окатанной гальки. Конгломераты достигают мощности 200-300 м. (Краснов Е.В., 1963)

В пределах самого Туакского поднятия кимеридж-титонские отложения полностью отсутствуют, но очень широко развиты севернее его, заполняя протягивающийся параллельно поднятию от Симферополя до Феодосии Восточно-Крымский синклинорий. В его пределах кимеридж-титонские отложения изменяются в фациальном отношении. В основании их здесь залегает мощная толща базальных конгломератов, обычно очень круто стоящих и несогласно залегающих на разных слоях, смятых в складки отложений оксфорда-лузитана и таврической серии. Мощность конгломератов колеблется от 100-200 до 600-800 м. Кверху они сменяются глинистым флишем, состоящим из глин с прослоями песчаников или из глин с прослоями брекчевидных известняков и с включением более мощных линз конгломератов и белых известняков. Вышеописанный глинистый флиш сменяется без перерыва флишеподобной толщей низов валанжина с богатой фауной аммонитов.

Несмотря на несогласное залегание кимеридж-титонских отложений на оксфорд-лузитанских и появление в них мощных флишевых толщ, в характере их пространственного распространения много общего. По сравнению с комплексом оксфорд-лузитана, комплекс

кимеридж- титонских отложений со всеми их фациями немного сдвинут к северу в Восточно-крымском синклинии и к северо-западу в Юго-Западном синклинии.

В распространении фаций кимеридж- титона наблюдается строгая закономерность, связанная с асимметрией прогибов. В поднятых частях северных бортов и в области замыканий прогибов отлагались известняковые толщи. В наиболее прогнутой южной и центральной частях образовался флиш, сопровождаемый базальными конгломератами. (Архипов И.В.,1958)

Нижнемеловые отложения

Нижнемеловые отложения распространены сплошной, почти непрерывно полосой вдоль склона Крымских гор- от Балаклавы на западе, до Феодосии на востоке. Они слагают значительные пространства основания Предгорной гряды, северного склона Главной гряды и отдельные участки в ее пределах. В области Главной гряды нижнемеловые отложения представлены преимущественно глинистыми фациям, относительно более глубоководными; в Предгорной гряде развиты чаще более мелководные известняки и песчанистые образования. Широко развиты нижнемеловые отложения и в равнинной части Крыма.

Граница между нижнемеловыми и юрскими отложениями обычно совершенно отчетлива и характеризуется резкой литологической сменой пород. Для области Предгорной гряды характерно четко выраженное несогласное трансгрессивное залегание нижнего мела на более древних породах (таврической толщ и средней юры). Только местами верхние горизонты титона и низы нижнего мела очень сходны литологически и не отделяются перерывом.

Строение нижнемеловых отложений довольно сложно из-за быстрой фациальной изменчивости. В настоящее время в горном Крыму выделяется валанжин, готив, баррем, апт и нижний, средний и верхний альб.

На основе палеонтологических данных, в *валанжине* Крыма выделяются два горизонта- нижний, соответствующий берриасовому горизонту Юго-Восточной Франции и второй- соответствующий среднему и верхнему валанжину.

В толще берриаса наблюдается чередование однообразных слоев глин, мергелей и характерных мелкобрекчиевидных обломочных известняков; присутствуют типичные для нижележащего титонского флиша прослой известняковых конгломератов, мощность до 1-1,2 м. Отличается берриасовая толща от титонского флиша прослоями плейчатых белых

мергелей. Выше залегает толща зеленых известковистых глин с бедной фауной аммонитов и белемнитов среднего и верхнего валанжина. В районе Старого Крыма нижние горизонты мела представлены совершенно другими фациями конгломератов и слоистых песчаников без фауны.

Западнее, между с. Грушевка и районом, расположенным южнее Белогорска, валанжинские отложения достигают большой мощности - в несколько сотен метров. Они согласно, без перерыва залегают на титонском флише и в нижней части также представлены флишем мощностью 150-200 м, относящемуся к берриасу. Это ритмичное чередование известковистых зеленовато-желтых глин с прослоями брекчиевидных известняков и буроватых мергелей. Еще западнее, на участке северного склона Главной гряды, в верховьях рек Бештерека, Зуи и Бурульчи, валанжинские отложения представлены мелководной фацией известняков. Еще западнее, в районе Симферополя и на участке от Салгира до Качи, отложения валанжина отсутствуют. (Иваник М.М., Жабина Н.Н., 2013)

На юго-западе Крыма песчаники и конгломераты *готерива* с кварцевой галькой перекрывают севернее р. Бельбек валанжинские отложения, а затем переходят на среднеюрские породы и таврическую серию. Готерив представлен мелкозернистыми, довольно мощными (100 м) желтыми песчаниками и известковистыми песчаниками с богатой фауной.

Восточнее Симферополя готерив представлен мощной толщей (100 м) желтых мелкозернистых песков с прослоями песчаников. Пески и песчаники чередуются с темными глинами, которые местами преобладают, и вся толща готерива достигает 100 м. В области развития глинистых фаций валанжина в районе Феодосии и Белогорска, готерив представлен такими же глинами, причем резкой границы между ними не наблюдается.

Готеривские отложения развиты значительно дальше к северу, чем валанжинские, перекрывая почти весь равнинный Крым в связи с сильным расширением морского бассейна в северном направлении.

Барремские отложения в литологическом отношении разделяются на 2 горизонта, нижний из них сходен с готеривом, верхний тесно связан с аптом.

В районе Феодосии распространены известковистые глины баррема, представляющие глубоководную фацию; они по своему характеру совершенно не отличаются от готеривских и аптских.

В районе Симферополя барремские отложения не установлены, а западнее между Альмой и Бельбеком представлены оолитовым розовым и желтым мергелем и известняком, часто переполненным головоногими и морскими ежами.

Появление прибрежных конгломератов и песчаников в барреме в районе Белогорска и в районе Старого Крыма указывает на интенсивный снос грубообломочного материала, направленный, несомненно, с севера, так как южнее баррем представлен исключительно глинами.

Аптские отложения в Крыму представлены всюду главным образом фации серых, зеленоватых, коричневатых или красноватых глин с ярко-красными или бурыми сферосидеритами и иногда с небольшими прослоями песчаников. Глины эти часто составляют непосредственное продолжение такой же фации верхнего баррема, но во многих местах ложатся с размывом на более древние слои нижнего мела или же прямо на юрские.

Аптские глины без перерыва сменяют барремские в районе Феодосии и достигают почти 100 м, но в районе Старого Крыма уже наблюдается трансгрессивное налегание аптских глин на титонский флиш. Между Симферополем и Балаклавой аптские глины прослеживаются почти непрерывно, за исключением нескольких участков размыва. В районе Балаклавы и долины р.Черной глины залегают на титонских конгломератах и известняках.

В горной части Крыма аптские отложения накапливались после эпохи размыва, и в яре мест море образовало ингрессии, заполняя сформировавшиеся перед тем долины.

Внутри *альбской* толщи в Крыму происходит перерыв, и она разделяется на две различные по распространению части. Нижняя, включающая нижний альб, распространена сравнительно нешироко и связана с нижележащим комплексом верхнебарремских и аптских отложений. Верхняя включает средний и верхний альб и распространена очень широко.

Отложения нижнего альба известны в Крыму на западе в окрестностях Балаклавы, в долине реки Салгира, в районе Грушевки и в районе Феодосии. Здесь аптские глины сменяются толщей глин, чередующихся с тонкими прослоями полимиктовых песчаников. Толща имеет сходство с флишем, достигает мощности в несколько сотен метров.

Толща *среднего и верхнего альба* в горном Крыму залегают почти всюду несогласно со следами размыва на подстилающих породах. Средне- и верхнеальбские отложения распространены с перерывами на всей Предгорной гряде, от Балаклавы до Феодосии.

Среди верхнеальбских отложений можно выделить следующие фации: 1. темно-серые тонкослоистые глины; 2. флишеподобное чередование глин с прослоями песчаников; 3. мелководные песчаники с прослоями конгломератов и песчаных глин; 4. песчаные известняки.

Средне- и верхнеальбские отложения, залегая трансгрессивно с размывом на подстилающих породах, распространены шире нижежащих отложений баррема и апта.

Верхнемеловые отложения

Верхнемеловые отложения поднимаются и выступают на дневную поверхность в области Предгорной гряды. Представлены главным образом известняками, мергелями и песчаными мергелями. Среди них можно выделить отложения всех ярусов (сеномана, турона, коньяка, сантона, кампана, маастрихта и датского). Из-за отсутствия некоторых из ярусов, главным образом выделяются различающиеся по фауне сеноман-турон-коньякский, сантон-кампан-маастрихтский и обособленный датский комплексы.

В западном Крыму *сеноманские* отложения начинаются глауконитовыми песками, мергелистыми песчаниками, и песчаными мергелями с отдельными глинистыми прослоями. Мощность их достигает нескольких метров.

Сеноманские отложения не только сменяют сверху верхнеальбские, но и часто трансгрессивно переходят с них на апт, среднюю юру и таврическую серию

Сеноманские мергели вверх переходят в сходные по внешнему виду мергели мощностью до 50 м, содержащие нижнетуронские ископаемые.

Самые верхние горизонты турона представлены фарфоровидными чистыми известняками мощностью до 30 м с мелкими брахиоподами, ежами и т.д.

В направлении к востоку сеноман и турон прослеживаются без перерыва, почти до Симферополя. Восточнее, сеноман и турон прослеживаются от долины реки Зуи до Феодосии. Сеноман представлен чередованием белых и серых мергелей с богатой фауной. Туронские отложения представлены крепкими свето-серыми или белыми мергелями и налегающими на них рыхлыми меловидными мергелями.

С образованием туронских осадков совпадает максимум трансгрессии, начавшейся в верхнем альбе и сеномане. В связи с этим, турон местами трансгрессивно переходит с сеномана на альб и подстилающие породы. Сеноманские и туронские отложения, как и коньякские, распространяются к северу от предгорных гряд, сильно увеличиваясь в мощности.

Вышележащая толща мергелей *сантона-кампана* и *маастрихта* полно представлена лишь в западной и восточной частях Предгорной гряды. На западе, в районе Бельбека-Бахчисарая, толща эта состоит в нижней части из белых и светло-серых мергелей, содержащих линзы и прослойки бентонитовой глины. В восточной части Предгорной гряды отложения достигают значительной мощности в районе Белогорска, уменьшаясь и сокращаясь к западу.

Датский ярус образован крепкими известняками, залегающими слоем в 30-40 м. Они разделены в Крыму на 2 горизонта. Нижний горизонт представлен песчанистыми мергелями или известковистыми песчаниками с типичными датскими ежами. Мощность этого горизонта западнее Симферополя едва достигает 40 м. Вверху эти известняки крепкие, слегка желтоватые, с крупными ядрами пеллеципод и гастропод. Оба горизонта хорошо развиты между Инкерманом и Бахчисараем. Восточнее они уменьшаются в мощности и затем срезаются эоценом между реками Бодраком и Альмой. К востоку от Симферополя датские слои вновь появляются только близ Белогорска.

Палеогеновые отложения

Палеогеновые отложения в Крыму представлены всеми тремя отделами: палеоценом, эоценом и олигоценом.

Палеоцен

В юго-западной части Крыма третичные отложения начинаются слоем мергелистого зеленоватого глауконитового песчаника, залегающего на поверхности датского известняка. Мощность его менее 0,5 м, и он относится к палеоцену. Песчаник кверху переходит в песчанистые мергели, которые затем сменяются чистыми голубовато-серыми мергелями.

В Феодосийском районе палеоценовые отложения связаны постепенным переходом с датскими. В районе близ Старого Крыма палеоцен представлен толщей слегка желтоватых плотных, местами сахаровидных известняков, которые к востоку переходят в светло-голубые грубые мергели с прослоями плотных мергелистых известняков.

Самые восточные выходы палеоцена описаны на мысе Карангат, где ему соответствует пачка светлых мергелей.

Эоцен

Комплекс эоценовых отложений развит по северным склонам Предгорной гряды и вдоль Внешней гряды, участвуя как верхний мел и палеоцен в строении северных крыльев мегантиклинория горного Крыма.

В западной части Предгорной гряды отложения эоцена начинаются толщей зеленоватых или коричневатых довольно светлых глин нижнего эоцена. В основании их отчетливо проявляются следы размыва в виде карманов в нижележащих слоях. Иногда встречаются фосфоритовые конкреции и отдельные гальки.

Обогащаясь карбонатным веществом, глины переходят в мергели среднего эоцена, которые в свою очередь сменяются известняками, переполненными нуммулитами. Восточнее, известняки сменяются глинами, которые вклиниваются в толщу известняков, замещая их целиком.

Отложения верхнего эоцена представлены в восточной части предгорий глинисто-мергелистыми породами. Они выражены зеленоватыми известковистыми глинами с пачкой светлых легких коричневатых мергелей.

Олигоцен и нижний миоцен (майкопская серия)

К олигоцену и нижнему миоцену в Крыму относится мощная толща серых и шоколадно-бурых глин с сидеритовыми конкрециями почти без ископаемых.

Нижняя и средняя части серии соответствуют нижнему, среднему и верхнему олигоцену. Верхняя часть отвечает нижнему миоцену. Все перечисленные горизонты, за исключением самого нижнего-дюрменского, представлены в общем глинами, несколько различными по цвету и общему облику (Носовский М.Ф., 1993); в дюрменском горизонте глины чередуются с пачками мелкозернистых песчаников. Песчаники местами встречаются в виде маломощных пачек и в других горизонтах. Породы майкопской серии содержат в своем составе повышенное количество органического битуминозного вещества, что обуславливает их темный цвет.

В эпоху формирования майкопской серии условия бассейна сильно изменились. Стали образовываться чисто глинистые отложения с прослоями алевролитов и песков. (Барг И.М., Иванова Т.А., 2000)

Неогеновые отложения

Неогеновые отложения сплошным чехлом покрывают равнинный Крым. Они выходят на поверхность в предгорьях, во Внешней гряде и на Тарханкутском валу.

Средний миоцен распространен по окраине горного Крыма, в равнинном Крыму и на Керченском полуострове. Отложения эти почти повсеместно отделены несогласием и следами размыва от подстилающих пород.

Во внешней Предгорной гряде основание среднего миоцена переходит с майкопа на верхний или даже средний эоцен, залегает на меле, а на западе Крыма переходит на среднеюрские эффузивные породы. Общий характер распространения отдельных горизонтов среднего миоцена рисует картину постепенного развития трансгрессии, которая шла с востока, от Керченского полуострова.

На мелководные образования среднего миоцена налегает повсюду в степном Крыму и в предгорьях выдержанный горизонт серых и коричневатых *нижнесарматских* глин с прослоями песков и рыхлых известняков мощностью в несколько десятков метров. Известняки разнообразны: оолитовые, нубекуляриевые, ракушечные, пористые и кавернозные.

В крыльях синклинали и близ мшанковых рифов обычно развиты известняки, в частности пористые. Ближе к осевым частям синклиналей известняки замещаются зеленоватыми и серыми глинами и глинистыми мергелями с небольшими прослойками раковистого известняка и песка.

Четвертичные отложения

Речные делювиальные и пролювиальные отложения

По речным долинам Крыма, главным образом по северному склону Крымских гор, прекрасно развиты поймы и пять четвертичных террас.

Речные террасы по всем долинам имеют сходный характер. Террасы эти выражены неодинаково хорошо на разных участках речных долин. На одних они образуют широкие поверхности, на других-лишь изолированные останцы. Террасы во всех долинах являются погружающимися, уровни их снижаются сверху вниз вдоль долин. Пойма имеет высоту до 1-1.5 м.

Все террасы в верховьях имеют характер эрозионных цокольных террас. К низовьям мощность аллювиальных отложений на них увеличивается, и они переходят в аккумулятивные.

С аллювиальными отложениями тесно связаны древние делювиальные и пролювиальные образования, также слагающие поверхность ряда четвертичных террас и покрывающие поверхность склонов. Поверхности, сложенные делювиальным и пролювиальным материалом образованы суглинками или суглинками с примесью плохо окатанных обломков коренных пород, развитых по соседству. (Муратов М.В., 1961)

Пролювиальные и делювиальные террасы очень тесно связаны с третьей, четвертой и пятой речными террасами, сливаясь с ними и переходя в них. Таким образом, формирование суглинков, слагающих поверхность древних делювиально-пролювиальных террас, происходило одновременно с образованием аллювия соответствующих речных террас.

Поверхности пятого уровня покрыты обычно делювиально-пролювиальными отложениями и представляют останцы обширных плоских подножий гор.

Поверхности четвертого уровня также в значительной мере покрыты делювиально-пролювиальными отложениями и заполняют обычно плоские межгорные депрессии, в пределах которых иногда наблюдаются и аллювиальные фации того же уровня.

Обычно характерны отложения третьей террасы, соответствующей морской карангатской. Они обычно покрыты толщей песков и суглинков мощностью 10-15 м, заполняющей плоские ложбины и в их пределах отдельные более глубокие углубления и промоины.

Вторая надпойменная терраса относительно слабо выражена в речных долинах Крыма и обычно представляет небольшой уступ с цоколем из коренных пород, а в некоторых случаях с цоколем из суглинков третьей террасы.

Отложения второй и первой речных террас характеризуются развитием галечниковых суглинков более серого цвета, чем те, которые типичны для третьей террасы. Первая терраса состоит в основном из аллювиальных отложений и строго приурочена к дну долин. В устьевых частях последних мощность осадков, заполняющих ложбины и перекрытых аллювием первой террасы, достигает иногда 20 м и более. Это связано с тем, что устьевые части долин близ впадения рек в море в Крыму сильно переуглублены. (Гречищев В.А., 1989)

2.1.2. Тектонические условия

Мегантиклинорий Горного Крыма имеет в плане несколько изогнутую форму: на западе простирания слагающих его структур имеют восток-северо-восточные направления, затем становятся северо-восточными, а далее в восточной части Крымских гор принимают почти широтное направление. Главная гряда Горного Крыма составляет ядро антиклинальной структуры, которое в его сохранившейся части сложено триасовыми, юрскими и нижнемеловыми отложениями. В строении северного крыла принимают участие верхнемеловые, палеогеновые и неогеновые породы.

Южная часть ядра мегантиклинория и все южное его крыло не сохранились: они опущены на дно Черного моря. Также погружена под уровень моря и юго-западная его оконечность. Здесь только рельеф морского дна в части, прилегающей к берегам Крыма, позволяет проблематично наметить юго-западное ограничение сооружения Горного Крыма. Восточная оконечность мегантиклинория, сложенная юрскими и меловыми породами, уходит под уровень моря южнее Феодосии, но периклинальное замыкание слоев, сложенных палеогеном, располагается в пределах Юго-Западной равнины Керченского полуострова. Мелкие складки, вытянутые широтно в северной части Керченского полуострова и направленные на северо-восток в крайней юго-восточной его части, облекают это погружение. Складки Таманского полуострова служат их продолжением. Они вместе образуют систему плиоценовых складок на периклинали Крымского антиклинального сооружения.

В строении Главной гряды Крымских гор и прилегающей к ней части предгорий между Главной и Предгорной грядами, которые вместе составляют мезозойское ядро антиклинальной структуры Горного Крыма, можно выделить целый ряд более мелких структурных элементов. Среди них первостепенными являются обширные антиклинальные поднятия (антиклинории), сложенные породами таврической серии и средней юры, и синклинальные прогибы (синклинории), сложенные верхнеюрскими и отчасти нижнемеловыми отложениями. Структуры эти имеют сложное строение и нарушены более мелкими складками и разломами. Особенно сложно построены ядра отдельных антиклинориев, состоящие из сильно перемятых пород таврической серии, которые образуют мелкие, не поддающиеся пока расшифровке складки.

Таврическая серия служит основанием всех структурных элементов Главной гряды. В антиклинальных поднятиях смятые таврические породы выступают на

поверхность, в синклиниях они опущены и перекрыты средней и верхней юрой и нижним мелом.

Залегание верхнеюрских известняков в центральных частях синклиналильных структур нередко близко к горизонтальному, но на юге слои вздернуты и имеют крутое падение. Из-за наличия мелких разрывов и в отдельных случаях мелких нарушений картина их залегания бывает иногда сильно затусевана и осложнена. (Симонов Д.А., Захаров В.С., 2019)

Таким образом, в строении Горного Крыма можно видеть три структурных этажа (рис. 2). Таврическая серия вместе с породами средней юры образует систему сильно сжатых и осложненных надвигами складок нижнего структурного этажа. На их поверхности залегают верхнеюрские и нижнемеловые породы, образующие более спокойно построенные и крупные складчатые структуры среднего структурного этажа. Верхний структурный этаж сложен породами верхнего альба — нижнего миоцена.

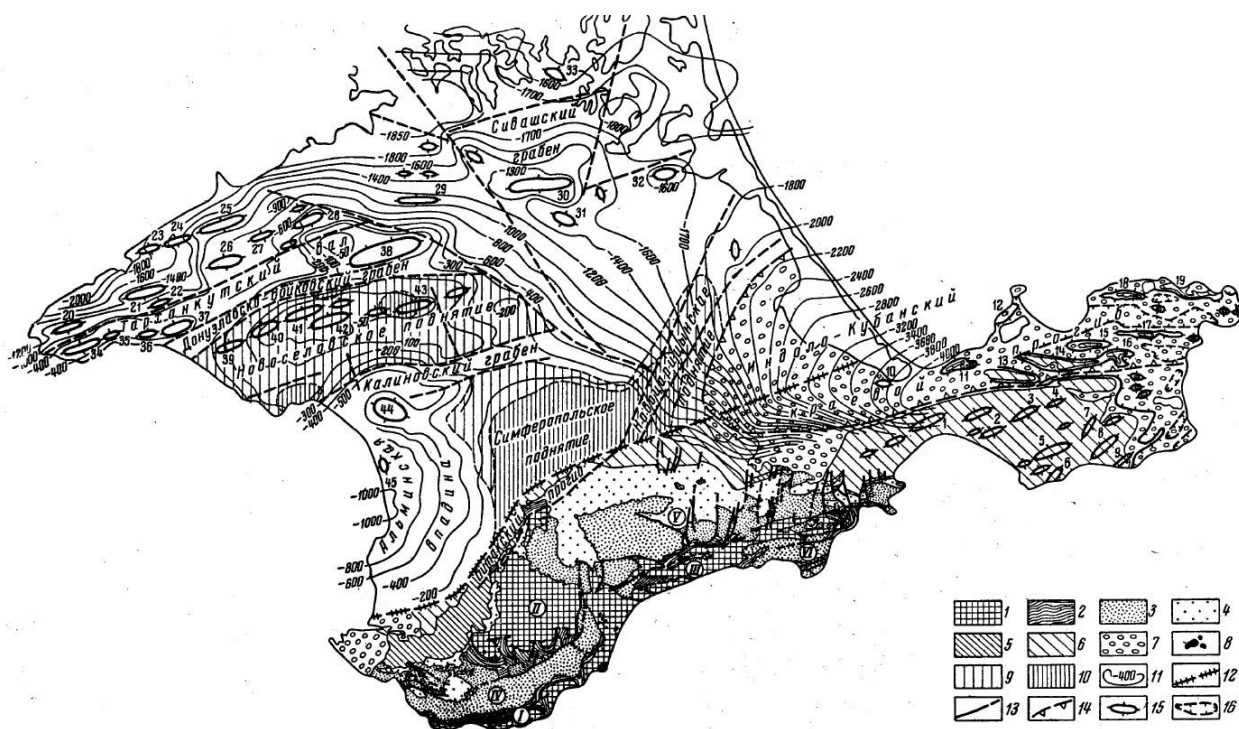


Рисунок 2. Тектоническая схема Крыма (по И. В. Архипову, А. Е. Каменецкому, М. В; Муратову, С. А. Успенской)

Мегантиклинорий Горного Крыма и его краевой прогиб: 1- нижний структурный этаж, нижний подэтаж, верхний триас - лейас (таврическая серия); 2 - то же. Верхний подэтаж, средняя юра; 3 — средний структурный этаж, нижний подэтаж верхняя юра;. 4 - то же, верхний подэтаж, валанжин - нижний альб; 5 — верхний структурный этаж, нижний подэтаж, верхний альб - палеоцен; 6 то же верхний подэтаж, эоцен - нижний

миоцен; 7 - орогенный комплекс, средний миоцен - плиоцен; 8 - интрузивные породы. скифская плита; 9 - поднятия палеозойского фундамента Скифской плиты; 10 - участки поднятий фундамента с наименьшими глубинами залегания его поверхности (1000 м и менее); 11- стратоизогипсы по поверхности верхнего мела (в метрах); 12 - предполагаемый глубинный разлом, разделяющий мегантиклинорий горного Крыма и Скифскую плиту; 13 - разрывные нарушения; 14- граница Индоло-Кубанского краевого прогиба; 15 - антиклинали; 16 - синклинали.

Цифры на карте. Мегантиклинорий Горного Крыма. Антиклинории: I - Южнобережный; II - Качинский; III - Туакский. Синклинии: IV - Юго-Западный; V- Восточнокрымский; VI - Судакский. Антиклинали: 1 - Владиславовская; 2 - Мошкаревская; 3 - Журавлевская; 4 - Селезневская; 5 - Гавриленковская; 6 - Дюрменская; 7 - Марфовская; 8 - Просторненская; 9 - Чокур-Кояшская; Индоло-Кубанский краевой прогиб. Антиклинали: 10 - Шубинская; 11 - Каменская; 12 - Белокаменная; 13 - Королевская; 14 - Слюсаревская; 15 - Ново- Николаевская; 16 - Алексеевская; 17 - Андреевская; 18 - Чокракская; 19 - Тарханская. Скифская плита. Антиклинали. 20 - Оленевская; 21 - Карлавская; 22 - Глебовская; 23 - Межводненская; 24 - Владимирская; 25 - Бакальская; 26 - Задорненская; 27 - Северо-Березовская; 28 - Серебрянская; 29 - Первомайская; 30 - Джанкойская; 31 - Вишняковская; 32 - Славяновская; 33 - Балашовская; 34 - Меловая; 35 - Родниковская; 36 - Громовская; 37 - Октябрьская; 38 - Северо-Новоселовская; 39 - Крыловская; 40 - Порфирьевская; 41 - Елизаветинская; 42 - Тарасовская; 43 - Южно-Новоселовская; 44 - Евпаторийская; 45 - Николаевская.

Верхнеюрские и отчасти нижнемеловые породы слагают Юго-Западный, Восточно-Крымский и Судакский синклинии. Верхнеюрские известняки, участвующие в строении Юго-Западного синклиния, слагают Бабуган, Никитское и Ай-Петринское нагорья и всю гряду вплоть до Балаклавы и мыса Айя. Породы Восточнокрымского синклиния слагают Демерджи, Чатырдаг, Караби и другие вершины восточной части Горного Крыма. Судакский синклиний расположен в восточной части Крыма, близ побережья, протягиваясь от Судака к Карадагу. Этот синклиний характеризуется наличием мощной толщи флишеподобных глинистых пород и конгломератов, сопровождаемых массивами рифовых известняков, относящихся по возрасту к средней и верхней юре до середины титона и достигающих 5—8 км мощности. Складки, осложняющие его строение, опрокинуты к югу и, таким образом, синклиний принадлежит к не уцелевшему в других районах южному крылу Крымского мегантиклинория.

Самым большим из антиклинорий является Качинское антиклинальное поднятие, расположенное в верховьях рек Качи и Альмы и вытянутое в северо-восточном направлении. Оно ограничивает с севера Юго-Западный синклиний, а с запада-окончание Восточно-Крымского синклиния.

Второе поднятие- Леменско-Ялтинский (Южнобережный) антиклинорий-протягивается вдоль Южного берега Крыма от Фороса до Ялты.

Наконец, третье- Туакское поднятие протягивается вдоль моря, от Алушты до восточной оконечности Крымских гор. Оно имеет очень сложное строение, в восточной части постепенно погружается и осложнено целой системой Судакско- Карадагских складок. В строении последних принимают участие, кроме таврических и среднеюрских, также верхнеюрские породы, частью келловейские и главным образом оксфордские, представленные фациями песчаников, конгломератов, мелководных и рифовых известняков. Мощность этих пород до 2—3 км. В восточной оконечности поднятия вдоль системы крупных разломов развиты мощные толщи эффузивов средней юры и келловей, слагающие Карадагскую горную группу.

Все описанные структурные элементы внутренней части Крымского горного сооружения перекрыты всюду несогласно залегающей толщей среднего верхнего альба, верхнего мела, а затем палеогена и неогена. Эти отложения образуют северо-западное и северное крыло мегантиклинория Горного Крыма и слагают область его периклинального замыкания на Керченском полуострове. Лишь в восточной оконечности Крымских гор, в окрестностях Феодосии, и на Юго-Западной равнине Керченского полуострова верхний мел и палеоген участвуют в строении более внутренней части мегантиклинория, но уже в области его погружения.

Северо-западное и северное крыло антиклинального сооружения Горного Крыма в орографическом отношении соответствует предгорным грядам на участках между Севастополем, Симферополем и Феодосией. Породы, слагающие эти крылья, залегают моноклинально с общим наклоном к северо-западу, запад-северо-западу и северу с углами падения от 20 до 3-4°. Лишь местами эта моноклираль осложнена пологими складками и небольшими поперечными изгибами, а также поперечными сбросами. Углы наклона в ней уменьшаются, как правило, от более древних горизонтов к более молодым, и между ними можно наблюдать целый ряд заметных угловых несогласий.

Северная граница мегантиклинория Горного Крыма, отделяющая его от эпигерцинской Скифской плиты, протягивается вдоль предполагаемых разломов, которые намечаются по геофизическим данным в пределах его северного крыла. В географическом отношении эта граница совпадает с Предгорной грядой, которая идет от Севастополя к Бахчисараю и Симферополю и далее через Зую к Белогорску. Далее на восток эта граница переходит к гряде моноклинально наклоненных к северу пород среднего миоцена, слагающих Парпачский гребень, который разделяет в продольном направлении с запада на восток Керченский полуостров. В районе с.Марфовки Парпачский гребень резко отклоняется к югу, а южная граница Скифской плиты тянется далее на восток к Керчи вдоль

края Керченско- Салынской синклинали. Представляется, что в тектоническом отношении моноклираль Предгорной гряды и Парпачский гребень совпадают с линией глубинного разлома на всем протяжении. По своей исторической роли разлом является, вероятно, очень древним, и ограничивал в свое время край Крымско-Кавказского геосинклинального прогиба. (Борисенко Л.С., 1983)

Керченский полуостров разделяется этим разломом в продольном направлении на две части. Северная относится к части Скифской плиты, на которой развился Индоло-Кубанский краевой прогиб. В пределах северного побережья Керченского полуострова южный край этого прогиба осложнен рядом складок. Южная, точнее юго-западная часть Керченского полуострова относится в структурном отношении к мегантиклинорию Горного Крыма; она сложена майкопской серией, эоценом и мелом (вскрытыми скважинами), образующими ряд длинных узких складок. Это погружающаяся к востоку часть ядра мегантиклинория Горного Крыма, окаймлена моноклиально залегающими слоями среднего миоцена Парпачского гребня, образующими крыло этого погружения. От Марфовки Парпачский гребень продолжается до берега Черного моря, близ Кояшского озера. Слои среднего миоцена здесь оконтуривают восточное периклиналильное погружение мегантиклинория Горного Крыма и, таким образом, крайняя юго-восточная часть Керченского Полуострова, вместе с южной половиной Таманского, должна быть отнесена к области периклиналильного поперечного прогиба, разделяющего мегантиклинории Горного Крыма и Большого Кавказа.

Южная часть ядра мегантиклинория Горного Крыма и его западное окончание погружены под дно прилегающей части Черного моря. Поэтому южная граница мегантиклинория может быть намечена только на основе интерпретации геофизических данных, сейсмических и гравиметрических исследований. Эти данные показывают, что под дном моря к югу от берегов Крыма, в области шельфа и материкового склона, земная кора имеет строение, сходное со строением ее в пределах самого Горного Крыма. Здесь намечается довольно мощный «осадочный» слой земной коры, сложенный относительно уплотненными осадками, который можно рассматривать как продолжение части ядра Крымского антиклинального сооружения, сложенного таврической серией, средне- и верхнеюрскими породами. Южнее, уже в области края глубоководной котловины, над более плотными породами залегает мощная толща менее плотных осадочных пород, которые можно рассматривать как меловые, палеогеновые, неогеновые и четвертичные, покрывающие таврическую серию. По-видимому, меловые и палеогеновые слои здесь

заполняют относительно узкий прогиб, подобный кавказским флишевым зонам, и перекрытый выше неоген-четвертичными осадками.

Еще далее на юг анализ сейсмических данных позволяет наметить участок утонения менее плотных пород мела и палеогена, то есть, южный край выполненного ими прогиба. Их ограничивает, видимо, выступ более плотных и древних образований. Последние могут рассматриваться или как породы палеозойского складчатого основания, ограничивающего с юга флишевый прогиб, либо как эффузивные породы, подобные среднеюрской порфиритовой свите Кавказа, протягивающиеся вдоль края этого прогиба. Еще далее к югу, в пределах глубоководной котловины исчезает гранитогнейсовый слой земной коры, и вся она сильно утоняется. (Бызова С.Л., 1980)

2.2. Геоморфологические условия

Область горного Крыма, занимающая небольшую сравнительно площадь (около 5500 км²) представляет резкий контраст со степным Крымом не только по своей геоморфологии, но и по геологическому строению. Это настоящая «горная страна», в которой слагающие ее горные породы дислоцированы, разбиты нередко многочисленными сбросами, содержат магматические образования.

Особенности геологического строения, а также и географическое положение горного Крыма между Кавказским орогеном на востоке и областью Балкан и Добруджи на западе, позволяют считать его одним из звеньев Альпийско-Кавказской орогенической зоны.

Горный Крым морфологически выражен тремя грядами гор, расположенными параллельно друг другу, и тянущимися в направлении с юго-запада на северо-восток. Эти гряды, разделенные одна от другой продольными депрессиями, особенно хорошо выражены в юго-западной и центральной частях горного Крыма. К востоку такое расчленение рельефа несколько стирается. Самая южная- первая, или главная гряда, представляет собой сильнодислоцированную, разбитую многочисленными сбросами складчатую зону- ядро антиклинория с абсолютными отметками от 300 до 1500 м (самая высокая точка- г. Роман-Кош с отметкой 1543 м). Вторая и третья гряды характеризуются меньшими гипсометрическими отметками: вторая гряда от 150 до 765 м, третья- от 100 до 320 м. Эти гряды лежат на северном крыле Крымского антиклинория, где интенсивно дислоцированные породы ядра перекрыты более молодыми отложениями, очень слабо

затронутыми складкообразовательными движениями. Существенно отметить, что все гряды закономерно понижаются от срединной части к западному и восточному концам.

Вторая и третья гряды рассечены поперечными долинами довольно многочисленных рек, обычно берущих начало у подножий первой гряды. Эти небольшие, но быстро текущие реки секут толщи горных пород северного крыла Крымского антиклинория вкрест простирания и разрабатывают узкие и глубокие долины. Характер их резко меняется в области степного Крыма, где слои пород лежат более полого. Здесь долины рек становятся широкими и плоскодонными. Наибольший интерес представляют именно продольные депрессии, отделяющие гряды одну от другой. Первая продольная депрессия, разделяющая первую и вторую гряды, имеет ширину в западной части от 10 до 20 км, а в восточной около 10 км. Вторая продольная депрессия, расположенная между второй и третьей грядами, имеет около 5 км в поперечнике. Борта их резко ассиметричны: южные всегда пологие, тогда как северные крутые. (Филатов О.М., 1961)

Такая морфология продольных депрессий легко объясняется, в общем, моноклиальным строением горного Крыма, хотя оно и очень осложнено вторичной складчатостью. В условиях моноклиального падения пород к северу только и могли разрабататься продольные долины такого характера. Снижение высот гряд происходит постепенно. Точно так же постепенно понижаются с юга на север и высотные отметки днищ продольных долин. Закономерность падения высот позволяет мысленно соединить поверхности гряд наклонной поверхностью. По-видимому, современные поверхности гряд и представляют собой реликты такой, некогда существовавшей плоскости. Наиболее простое объяснение образованию этой, очевидно, денудационной плоскости можно видеть и в медленном, сводообразном поднятии горного Крыма. При этом, естественно, возрастало превышение над базисом эрозии, вызывая тем самым углубление денудационной поверхности.

На всей территории горного Крыма существуют резкие несогласия и перерывы в образовании осадков перед верхней юрой и перед нижним мелом. Отсюда следует, что они образованы в результате сводообразных поднятий. Мощные предверхнеюрские орогенические движения создали горную страну, которая к началу верхнеюрской трансгрессии, захватившей весь Крымский полуостров и юг Русской платформы, была пенепленизирована, образовав предверхнеюрскую денудационную поверхность, и, затем, перекрыта осадками верхней юры. Преднижнемеловые движения снова носят характер сводообразных поднятий, хотя уже значительно менее интенсивных. Вследствие этого, перед нижнемеловой эпохой море отступает, и горный Крым представляется островом,

который энергично подвергается действию денудационных процессов и снова пенеценизируется. Образуется преднижнемеловая денудационная поверхность. (Симонов Д.А., Захаров В. С. и др, 2019)

Нижнемеловая трансгрессия уже не захватывает всего острова, а распространяется только по его периферии, иногда ингрессивно, проникая в пониженные участки древнего рельефа.

Начиная с нижнего мела, горный Крым уже не погружается полностью ниже уровня моря. Наоборот, вследствие периодического сводообразного поднятия Крымского антиклинория, море отступает дальше, и, наконец, с конца неогена, наступает новый длительный перерыв в осадкообразовании. В это время начинает формироваться третья денудационная плоскость- постнеогеновая.

Таким образом, оказывается, что денудационная плоскость, остатки которой мы находим на вершинах гряд, является не единой по времени образования, а разновозрастной. Образование гряд и продольных долин стоит в непосредственной связи с поднятием горного Крыма. Вследствие незначительных превышений над базисом эрозии, реки текли медленно и, не имея значительной силы, чтобы пропиливать слои вкрест простирания, принимали направление по простиранию пород, чему способствовало их моноклиальное залегания. При этом русло реки прокладывалось в глинистых породах, которые легче подвергаются размыву, чем известняки. Такую картину мы и имеем в Крыму- продольные долины проложены в глинах и глинистых сланцах, тогда как борта их сложены плотными породами- известняками, конгломератами, известковистыми песчаниками.

Начавшееся затем поднятие вызвало углубление продольных долин, а вместе с тем появились и боковые притоки. С возрастанием интенсивности поднятия они прокладывают гряды в поперечном направлении. Истоки боковых рек, постепенно отступая, прорезают все водораздельное пространство, и тогда осуществляется перехват реки, текущей по соседней продольной долине, боковым притоком. Образуются составные коленчатые долины, представляющие собой соединенные участки продольных-долин и поперечных-эпигенетических долин.

В результате последующего углубления русла вновь образовавшейся коленчатой реки, дно бывшей продольной долины должно было оказаться уже на водораздельном пространстве между двумя соседними поперечными долинами.

Таким образом, возникновение современного геоморфологического строения Крыма представляется, как результат длительного развития, растянувшегося на ряд геологических периодов. (Горн Н.К., 1948)

2.3. Гидрогеологические условия

Триасовые, лейасовые и среднеюрские сланцы являются водонепроницаемыми. Только в тех местах, где они сильно разбиты трещинами, в поверхностных их частях встречаются воды. Среднеюрские песчаники и туфы проницаемы для воды, хотя в них она циркулирует в небольшом количестве. Среди сланцев и песчаников встречаются очень редко источники, которые имеют незначительный дебет.

Главным коллектором вод являются яйлинские известняки. Значительная часть атмосферных осадков, выпадающих на поверхность Яйлы, сложенную юрскими известняками, а также воды, происходящие от конденсации паров воды, быстро проникают по трещинам известняков в глубину. Вследствие этого поверхность Яйлы является почти безводной. Встречающиеся здесь поверхностные воды приурочены к воронкам, дно которых выполнено глинистыми продуктами разрушения известняков.

В области Яйлы большая часть воды проникает до подстилающих известняки водоупорных глинистых сланцев средней юры или таврических сланцев, причем главным водоносным горизонтом являются верхнеюрские песчаники и конгломераты, реже нижние горизонты известняков, залегающие над сланцами.

Большая часть речных вод имеет начало в песчаниках и конгломератах (Моисеев А.С. 1931). Воды, выходя из этих горизонтов, прежде чем попасть на дневную поверхность, обычно проходят еще подземный путь по осыпям и обвалам, покрывающим на большем или меньшем пространстве северные и южные склоны Главной гряды.

Граница выхода вод на склонах Яйлы обуславливается высотой залегания глинисто-сланцевой толщи и известняков.

На основании химических свойств можно разбить воды Главной гряды Крамских гор на 2 типа: воды из верхнеюрских известняков и из юрско-триасовых сланцев и песчаников.

Воды из верхнеюрских известняков характеризуются, по сравнению с водами из сланцев и песчаников, незначительным содержанием SO_4 . Воды из глинистых сланцев иногда солоноваты или имеют щелочной вкус, в особенности, в сухое время года.

Источники из глинистых сланцев являются сульфатными. Серная кислота определенно преобладает, что же касается катионов, то они более или менее варьируют при общем преобладании кальция и натрия. Все они принадлежат к типу вод, подчиненных верхним частям глинистых сланцев, сильно разрушенных и выветренных. Дебит их невелик и в летнее время сильно падает. (Гидрогеология СССР, 1970)

3. Специальная часть

3.1. Структура оценки сейсмических воздействий

Сейчас в России оценку сейсмических воздействий для площадок строительства делят на 3 этапа: общее сейсмическое районирование (ОСР), детальное сейсмическое районирование (ДСР) и сейсмическое микрорайонирование (СМР).

С 2015 года обновленные карты ОСР-2015 (ранее- ОСР-97) охватывают всю территорию страны. ОСР свойственна генерализация, рассматриваются крупные сейсмоактивные зоны, геолого- геофизические явления, определяющие сейсмичность крупных районов. Карты ОСР представляют собой комплект карт, отражающих 10% (А), 5% (В) и 1% (С) и 0,5% (D) вероятность возникновения и возможного превышения расчётной интенсивности в 50-летние интервалы времени (Приложения 1-3). В основе карт ОСР лежит методология вероятностного анализа сейсмической опасности.

ДСР служит для уточнения оценок сейсмической опасности и определения возможных сейсмических воздействий на проектируемые сооружения. Карты ДСР имеют более крупный масштаб по сравнению с картами ОСР. ДСР призвано исследовать геолого- геофизическое строение и геодинамику конкретных районов и площадей, сейсмогенерирующие структуры (СГС), параметры сильных движений грунта.

Задача СМР- уточнение параметров сейсмических воздействий на площадке строительства в зависимости от местных условий– грунтовых, геоморфологических, гидрологических и геофизических.

Оценку влияния грунта и рельефа на параметры воздействия нельзя проводить в отрыве от характеристик очаговых воздействий, т.к. влияние местных условий может быть различным в зависимости от углов подхода волн, частотного состава, их интенсивности и т.д.

Особого внимания требуют случаи, если площадку СМР пересекают тектонические разрывы или наблюдается нелинейное поведение грунтов, усиление

интенсивности воздействий за счет фокусировки сейсмической энергии из-за особенностей рельефа скального основания, подстилающего массив рыхлых грунтов, дифракционные эффекты, сейсмогравитационные эффекты (оползни, обвалы и т.д.), виброползучесть грунтов и т.д. (Ена А.В., 1996)

3.1.1. Сейсмическое микрорайонирование

В основу предварительной оценки сейсмической опасности положена сравнительная характеристика полученных по результатам инженерно-геологических изысканий физико-механических свойств грунтов, слагающих верхнюю часть геологического разреза с классификацией грунтов по сейсмическим свойствам, согласно таблице 1 СП 14.13330.2018.

Комплексная оценка сейсмической опасности основывается на совместном использовании различных методов оценки.

Количественная оценка сейсмической опасности методом сейсмической жесткости, базируется на оценке скоростных и плотностных характеристик разреза, с учетом которых вычисляются сейсмические характеристики сейсмореализующего слоя и производятся расчеты приращений балльности, принципиальные основы которого разработаны С.В. Медведевым. Метод основан на эмпирически установленном факте влияния сейсмической жесткости грунтов на интенсивность их колебаний при землетрясениях и на степень повреждения зданий.

В основу оценок, выполняемых методом математического моделирования, положена дифференциация разреза по инженерно-геологическим элементам (гранулометрический состав, соотношение заполнителя, консистенция, влажность, пористость и т.п.). Моделирование сейсмического воздействия позволяет вычислить спектры реакции и коэффициенты динамичности грунтовой толщи.

3.1.2. Выбор эталонных грунтов

В качестве эталонных грунтов рекомендуется выбирать средние грунты, к которым условно относится величина исходного балла, определенная по карте сейсмического районирования территории. Такими грунтами чаще всего являются наиболее характерные для верхней части разреза необходимые супесчано-суглинистые грунты с включением дресвяно-щебнистого или гравийно-галечникового материала, либо крупно- и среднезернистые песчаные грунты средней плотности, либо близкие по составу грунты,

относящиеся ко II категории по сейсмическим свойствам, в соответствии с табл.1 СП 14.13330.2018 и имеющие следующие параметры:

$$V_p = 500 - 700 \text{ м/с};$$

$$V_s = 250 - 350 \text{ м/с};$$

$$\gamma = 1,7 - 1,8 \text{ г/см}^3$$

При выборе средних грунтов необходимо учитывать материалы макросейсмического обследования последствий сильных землетрясений с учетом требований п. 2.13 РСН 60-86, если они имели место ранее на изучаемой территории.

Если землетрясение произошло в период выполнения работ по сейсмическому микрорайонированию, изыскательская организация должна привлекаться местной сейсмологической службой или специалистами научно-исследовательских институтов Российской академии наук (РАН) к проведению макросейсмического обследования его последствий. Материалы обследования включаются в состав отчета по сейсмическому микрорайонированию.

При наличии на участке сейсмического микрорайонирования выходов скальных грунтов, относящихся к I категории по сейсмическим свойствам и имеющих параметры:

$$V_p = 2000 - 2800 \text{ м/с};$$

$$V_s = 1000 - 1400 \text{ м/с};$$

$$\gamma = 2,1 - 2,3 \text{ г/см}^3$$

в качестве эталонных следует принимать эти грунты, уменьшая на один балл величину исходной сейсмичности, согласно табл.1 СП 14.13330.2018.

3.2. Методы оценки сейсмических воздействий

3.2.1. Метод сейсмических жесткостей

Основываясь на РСН 65-87 «Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование», оценка приращений сейсмической интенсивности по методу сейсмических жесткостей рассчитывается по формуле:

$$\Delta J = \Delta J_c \leq \Delta J_B \leq \Delta J_{рез},$$

где ΔJ - суммарное приращение сейсмической интенсивности (в баллах) относительно исходной (фоновой) балльности;

ΔJ_c - приращение сейсмической интенсивности за счет различия сейсмической жесткости грунтов на изучаемом и эталонном участке;

ΔJ_B - приращение сейсмической интенсивности за счет ухудшения сейсмических свойств грунтов на изучаемом участке при обводнении (водонасыщении);

$J_{рез}$, - приращение сейсмической интенсивности за счет возможного возникновения резонансных явлений.

Приращение сейсмической интенсивности за счет различия грунтовых условий ΔJ_c определяется по формуле:

$$\Delta J_c = 1,671g \frac{\bar{V}(s)_{\varepsilon} \cdot \bar{\rho}_{\varepsilon}}{\bar{V}(s)_i \cdot \bar{\rho}_i},$$

где $\bar{V}(s)_{\varepsilon}$ и $\bar{V}(s)_i$ - средневзвешенные значения скоростей распространения поперечных волн для расчетной толщи грунтов на эталонном и исследуемом участке;

ρ_{ε} и ρ^i - средневзвешенные значения плотностей грунтов для расчетной толщи на эталонном и исследуемом участке.

Согласно п.3.4.9 РСН 65-87, приращение сейсмической интенсивности за счет резонансных явлений $\Delta J_{рез}$ следует учитывать в суммарном приращении в тех случаях, когда период, на котором проявляется резонанс ($T_{рез}$), соответствует периодам интенсивных колебаний сильных землетрясений, ожидаемых в исследуемом районе, в особенности при совпадении периодов собственных колебаний зданий и сооружений с резонансными периодами грунтов

Приращение сейсмической интенсивности за счет ухудшения сейсмических свойств грунтов при водонасыщении ΔJ_B определяется по формуле:

$$\Delta J_B = K_e \leq 0,04 h_2,$$

где K_e - коэффициент, зависящий от литологического состава грунтов;
 h_2 - Расчетное положение уровня грунтовых вод.

При этом коэффициент K принимается равным:

1- для песчаных грунтов, пластичных и текучих супесей, мягкопластичных, текучепластичных и текучих суглинков и глин;

0,5- для твердых супесей, твердых, полутвердых и тугопластичных суглинков и глин, крупнообломочных грунтов с содержанием песчано-глинистого заполнителя не менее 30% и сильно выветрелых скальных пород;

0- для плотных крупнообломочных грунтов из магматических пород с содержанием песчано-глинистого заполнителя до 30% и слабо выветрелых скальных и других грунтов.

3.2.2. Определение исходной величины сейсмичности

Расчет карт ОСР-2015 и значений нормативной сейсмичности проводится по сетке 25х25 км, что соответствует масштабу 1:2500000 – 1:8000000 (прил. А к СП 14.13330.2018).

Пунктом 3.5 СП 14.13330.2018 определено, что в качестве исходной сейсмичности площадки принимается сейсмичность, определяемая с помощью детального сейсморайонирования или УИС (или принятая равной нормативной сейсмичности).

Аналогичная норма установлена п.1.12. РСН 60-86 - за исходную величину при составлении карты сейсмического микрорайонирования должна быть принята интенсивность сейсмического воздействия в баллах, определенная по картам ДСР масштаба 1:500000 - 1:100000.

В этом случае тем же пунктом допускается определять исходную сейсмичность по карте ОСР и перечню населенных пунктов.

Дополнительные требования по уточнению сейсмичности содержит комментарий к приложению А к СП 14.13330.2014. В связи с тем, что расчет карт ОСР-2015 проводится по сетке 25х25 км, оценка сейсмической опасности пунктов, расположенных на расстоянии до 30 км от границ между зонами балльности, должна уточняться (ДСР и т.п.), или они должны быть отнесены к более сейсмоопасной зоне.

3.2.3. Численное моделирование влияния сейсмических воздействий с учетом инженерно- геологических условий площадки

В приповерхностных грунтах сейсмические волны претерпевают линейные и нелинейные преобразования. Линейные преобразования связаны с переходом волн в верхние, более рыхлые слои, резонансами и топографическими эффектами. Нелинейные преобразования наблюдаются, в основном, в мягких грунтах при сильных землетрясениях, может происходить уплотнение и просадочность, либо разрыхление и приподнятие рыхлых

грунтов, разжижение грунтов, остаточные деформации. В настоящее время нелинейность поведения грунтов является одним из важнейших и недостаточно изученных вопросов инженерной сейсмологии. Нелинейные эффекты зависят от состава и мощности осадочных отложений, а также от интенсивности колебаний. Вышеперечисленные линейные и нелинейные эффекты в приповерхностных грунтах существенно преобразуют форму и спектр распространяющихся сейсмических волн. Нелинейное поведение грунтов под сейсмическим воздействием изучается по полевым наблюдениям, в лабораторных условиях, а также с использованием численного моделирования.

В течение последних десятилетий особое развитие получило создание вычислительных алгоритмов и компьютерных программ, предназначенных для численного моделирования процесса распространения сейсмических волн сквозь грунтовую слоистую среду.

В первых алгоритмах использовалась так называемая эквивалентная линейная модель для оценки реакции грунта на динамические нагрузки. В таких моделях отклик грунта аппроксимируется откликом линейной модели, свойства которой выбираются в соответствии со средними значениями воздействия в каждой точке грунтового разреза. Позже появились вычислительные алгоритмы, основанные на нелинейных моделях, они основываются на различных нелинейных зависимостях напряжение-деформация.

Согласно действующим нормам, например РСН 60-86, РСН 65-87, в процессе инженерно-геологических работ необходимо выделять динамически неустойчивые разновидности грунтов, в которых при сильных землетрясениях наиболее вероятны сейсмические просадки и тиксотропное разжижение. Вероятность разжижения увеличивается при обводнении грунта. Методы оценки разжижаемости грунта при сейсмическом воздействии, в большинстве случаев, основываются на лабораторных испытаниях. Кроме того, применяются методы численного моделирования, а также эмпирические оценки.

3.3. Сейсмический режим изучаемой территории

Дифференцированные оценки сейсмической опасности позволяют использовать комплект карт ОСР-2015 для проектирования и строительства сейсмостойких объектов разных категорий ответственности и сроков службы.

Согласно действующим нормативам, заключительной целью проведения всех видов исследований по инженерно–геологическому изучению строительных площадок, является оценка нагрузок, которым с наибольшей вероятностью может быть подвергнут за время эксплуатации строящийся объект (сооружение). Необходимая для этого информация, может быть получена по результатам трех видов работ:

1. общего сейсмического районирования (ОСР);
2. детального сейсмического районирования (ДСР);
3. сейсмического микрорайонирования (СМР)

Хорошо известно, что в традиционном понимании, перед этапом ОСР и его детализацией ДСР - ставятся задачи определения исходной интенсивности сотрясений на основе анализа геолого-геофизической и сейсмологической информации. Эта информация является базой для выделения очаговых зон (ВОЗ) и оценок сейсмического режима в их пределах с целью определения сейсмической опасности территории для стандартного (эталонного) грунта. В тех случаях, когда исследования ДСР на заданной территории не проведены и не планируются, рекомендуется проведение работ по уточнению исходной сейсмичности- стадия УИС в рамках детализации и адаптации данных ОСР-2015 для изучаемой территории.

Для оценки сейсмического режима исследуемого региона используются каталоги сейсмических событий. В данной работе использован Каталог геологической службы США (USGS). Каталог составлен по данным Сейсмической сети США (ANSS) и Глобальной сейсмической сети (GSN). Включает в себя параметры очагов землетрясений магнитудой более 2.5. Постоянно пополняется новыми записями. Данный каталог, в первую очередь, является базой данных о современных сейсмических событиях.

Для изучения сейсмического режима территории был выбран участок с радиусом 200 км от центра проектируемых сооружений. Согласно зависимости интенсивность-

расстояние-магнитуда для Северной Евразии, сейсмическую опасность выше 5 баллов по шкале MSK 64, определяют землетрясения с эпицентрами на данном участке (сотрясение от события с $M = 7.5$ затухает до интенсивности 5 баллов на расстоянии около 200 км).

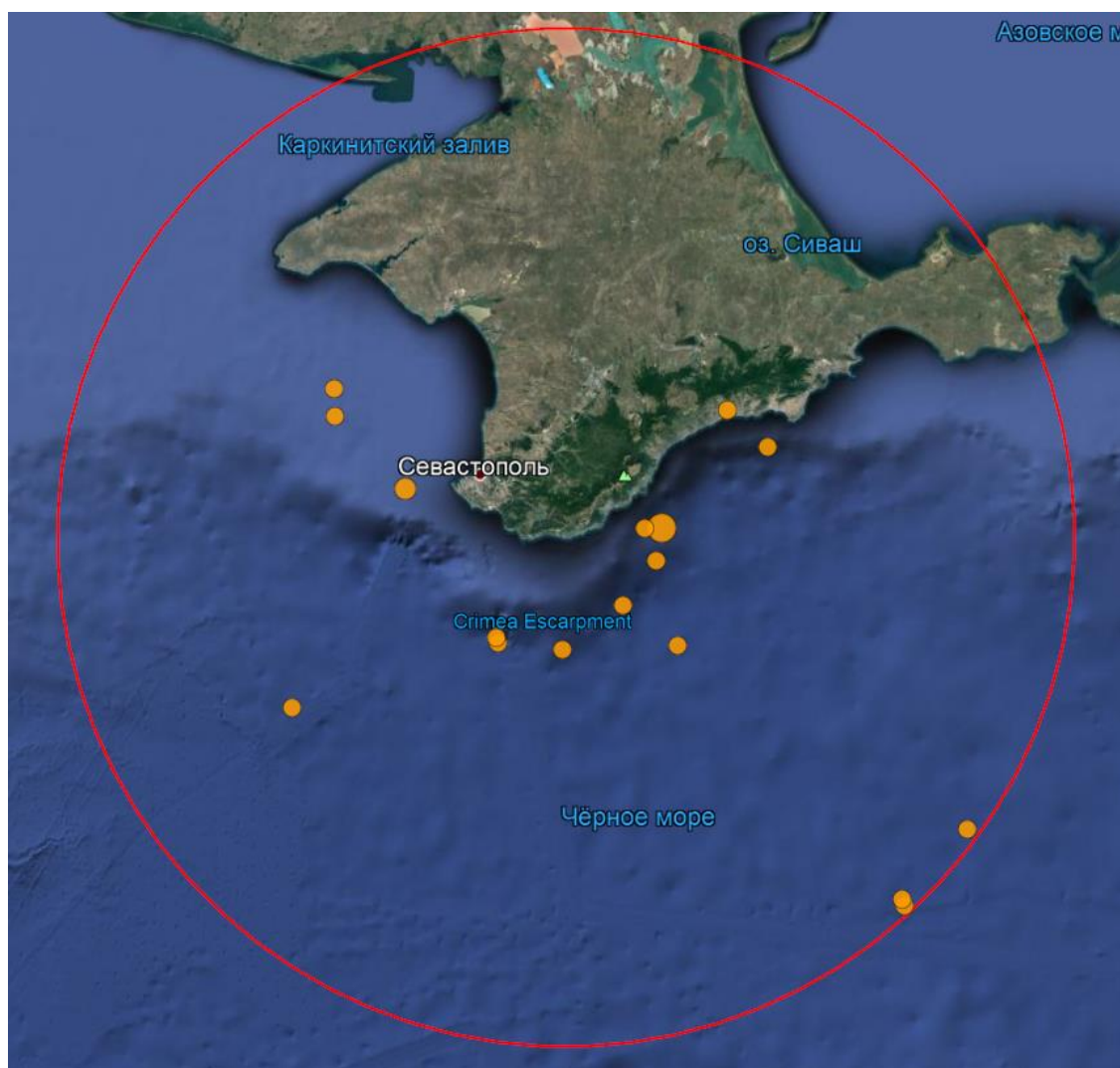


Рисунок 3. Карты эпицентров землетрясений по каталогу USGS в радиусе 200 км от участка за период с 1900 по 2019 г.

В таблице 1 приведен каталог землетрясений по данным геологической службы США за период с 1900 г. Осуществлена выборка событий с эпицентром в радиусе 200 км от исследуемого участка, магнитуда которых составила $M=4$ и более. Землетрясения малых магнитуд, в таблице не показаны, из-за их существенно более низкого сейсмического эффекта в интересующем районе. Эпицентры этих сейсмических событий отображены на рис.3.

Дата возникновения (по Гринвичу)	Время возникновения	Координаты эпицентра		Глубина гипоцентра, км	Магнитуда, М
04.03.2001	23:30:59	43.089	35.58	10	4.6
18.10.1998	5:22:09	44.025	33.618	33	4.3
16.10.1998	15:24:09	44.044	33.609	33	4.3
09.06.1997	14:52:47	43.353	35.891	22.2	4.2
16.08.1990	4:32:18	44.709	34.948	25.6	4.6
02.07.1990	0:35:47	44.84	34.751	33	4.1
02.04.1988	8:13:03	44.915	32.795	33	4.2
30.10.1986	6:37:24	44.002	33.933	10	4.2
05.07.1984	3:07:18	44.427	34.338	33	4.2
15.09.1979	0:49:46	43.112	35.569	33	4.1
23.12.1977	7:31:44	44.818	32.801	10	4.4
17.04.1975	7:35:17	43.79	32.611	33	4.2
18.03.1957	23:17:28	44.565	33.156	15	5.5
11.09.1927	22:15:52	44.428	34.422	35	6.7

Таблица 1. Каталог землетрясений по каталогу USSG в радиусе 200 км от исследуемого участка (<http://mapping.usgs.gov>)

Как видно из таблицы 1, сейсмические события соответствуют, мелкофокусным очагам землетрясений с глубиной очага до 33 км. Наиболее интенсивные из сейсмических событий региона, землетрясения произошли в 1927 и 1957 годах в 38 и 65 км от участка. (Попов И.И., 1969)

Магнитуда событий составила 6,7 и 5,5. Сейсмическая интенсивность в последующие годы характеризуется увеличением количества событий, при существенно меньшей их интенсивности.

Восстановленные параметры механизмов очагов крымских землетрясений с $M > 4,0$ позволяют сделать заключение о сложном разноуровневом поле тектонических напряжений в тектонических структурах и дифференцированном характере в очагах

землетрясений, произошедших в различных частях региона. Землетрясения центральной зоны, в основном сбросо-сдвигового характера, произошли под действием субгоризонтальных растягивающих напряжений диагональной ориентации. С переходом на запад и восток происходит смена действующих напряжений на близгоризонтальные сжатия. Вблизи Кавказского побережья преобладают взбросы или надвиги. Ориентация разрывов в основном диагональная.

Для уточнения сейсмической опасности (определения исходного балла) района исследований и определения влияния сейсмогенерирующих структур на разном удалении от участка, используется модель сейсмичности региона- карта зон ВОЗ и их параметры.

3.4. Модель источников землетрясений

Идентификация зон возникновения очагов землетрясений (зоны ВОЗ) и определение параметров их сейсмического режима является самым сложным и наиболее ответственным звеном в исследованиях по сейсмическому районированию, поскольку от этого зависит надежность всех последующих прогнозов.

В основу создания модели источников землетрясений положена линеаментно-доменно-фокальная (ЛДФ) модель зон возникновения очагов землетрясений (Уломов, 1987, 1998). В ЛДФ-модели рассматриваются четыре масштабных уровня: крупный регион с интегральной характеристикой сейсмического режима и три его основных структурных элемента – линеаменты, домены и потенциальные очаги землетрясений.

Домены (площади в плане) охватывают объемы геологической среды, внутри которых с равной плотностью расположены (рассеяны) очаги землетрясений умеренных и невысоких магнитуд (в модели ОСР-97 принято $M \leq 5.5$).

Линеаменты (линии в плане) служат основным каркасом ЛДФ-модели и отображают на земной поверхности в генерализованном виде оси верхних кромок трехмерных и относительно четко выраженных сейсмоактивных структур. Они несут основную часть сейсмического потенциала, так как вдоль них размещаются очаги наиболее крупных землетрясений (в модели ОСР-97 для линеаментов принята магнитуда $M \geq 6$). Линеаменты могут пересекать друг друга, естественным образом создавая решетку и повышенную сейсмическую опасность в ее дислокационных узлах, поскольку вблизи таких узлов сейсмический эффект обуславливается уже не одним, а по меньшей мере двумя линеаментами. Узлы пересечения и изломов линеаментов, как известно, представляют

наибольшую сейсмическую опасность и по другим причинам: именно в них чаще всего образуются зацепы, накапливаются и сбрасываются большие порции упругих напряжений.

Потенциальные очаги землетрясений указывают на наиболее опасные места линейных структур, где могут возникнуть землетрясения высоких магнитуд, и характеризуются конкретной магнитудой (обычно $M_{\max} \geq 7.0$).

Линеаменты, домены и потенциальные очаги классифицируются по магнитуде M_{\max} с шагом 0.5 единицы магнитуды. Согласно ЛДФ-модели, линеаменты с магнитудой M_{\max} включают в себя всю иерархию линеаментов меньших рангов, вдоль которых возникают менее крупные землетрясения с $M \leq M_{\max}$ (Гусев, Шумилина, 1999). Верхний порог магнитуды (M_{\max}) в данном элементе определяется реальной сейсмогеодинамической обстановкой, а нижний (M_{\min}) - надежностью регистрации землетрясений с минимальной магнитудой, но представляющих определенную сейсмическую опасность (в исследованиях по ОСР-97 было принято $M_{\min} = 4.0$, а минимальная сейсмическая опасность $IMIN=5$ по шкале MSK-64).

Величина M_{\max} оценивается по размеру древних сейсмодислокаций, ширине зон динамического влияния главных сейсмогенных структур, протяженности и сегментации сейсмоактивных разломов, по размеру взаимодействующих геоблоков, по археологическим и историческим сведениям, по конфигурации графиков повторяемости землетрясений, по экстремальным значениям графиков накопления и сброса напряжений и деформаций в сейсмоактивных структурах, по местоположению потенциальных очагов землетрясений максимальной магнитуды и т.п.

Графики повторяемости землетрясений в зонах ВОЗ определяются по методике В.И.Уломова (Уломов, 1998; Уломов, Шумилина, 1999), в основе которой лежит опора на закономерности сейсмического режима региона в целом за достаточно длительный период времени, а не на локальном его проявлении, на конкретном участке в ограниченный отрезок времени. Зоны возникновения очагов землетрясений (линеаменты), выделяемые в каждом сейсмоактивном регионе, подчинены геометрии долгоживущих сейсмоактивных разломов. Для каждого генетически единого сейсмоактивного региона на базе унифицированного каталога землетрясений составляется региональный график среднегодовой повторяемости сейсмических событий для каждой из магнитуд (с шагом 0.5 единицы магнитуд). С учетом периодов времени надёжной регистрации подсчитывается количество землетрясений каждой магнитуды во всем регионе, определяется количество событий в год (среднегодовой поток). Среднегодовые потоки событий распределяются между всеми зонами ВОЗ

пропорционально длине для линеаментов. Повторяемость сейсмических событий в каждом домене определяется более простым способом - на основе выборки из каталога всех происходящих в пределах домена землетрясений с $M \leq 5.5$. Общим контролем над расчетами служит суммарный поток сейсмических событий во всем регионе.

3.5. Характеристика зон возникновения очагов землетрясений района исследований

Основой для оценки сейсмической опасности (определения исходного балла) района исследований является модель сейсмичности региона - карта зон ВОЗ и их параметры. Модель составлена на основе карты сейсмогенерирующих структур, созданной, в свою очередь, в результате анализа всего необходимого и имеющегося для ее составления геолого- геофизического, тектонического и сейсмологического материала.

№ в базе ОСР-97	M_{max}	Сейсмический поток домена с магнитудой MLH в год			
		4.0±0.2	4.5±0.2	5.0±0.2	5.5±0.2
75	5.5	0.120025541	0.038834109	0.012577291	0.004074334
77	5.5	0.221885405	0.071790738	0.02325103	0.007532024
78	5.5	0.005607948	0.002146137	0.00082113	-
80	5.5	0.120155974	0.038891571	0.012580369	0.004078908

Таблица 2. Домены, способные вызвать сотрясения в 5 и более баллов (Уломов, 1998; Уломов, Шумилина, 1999)

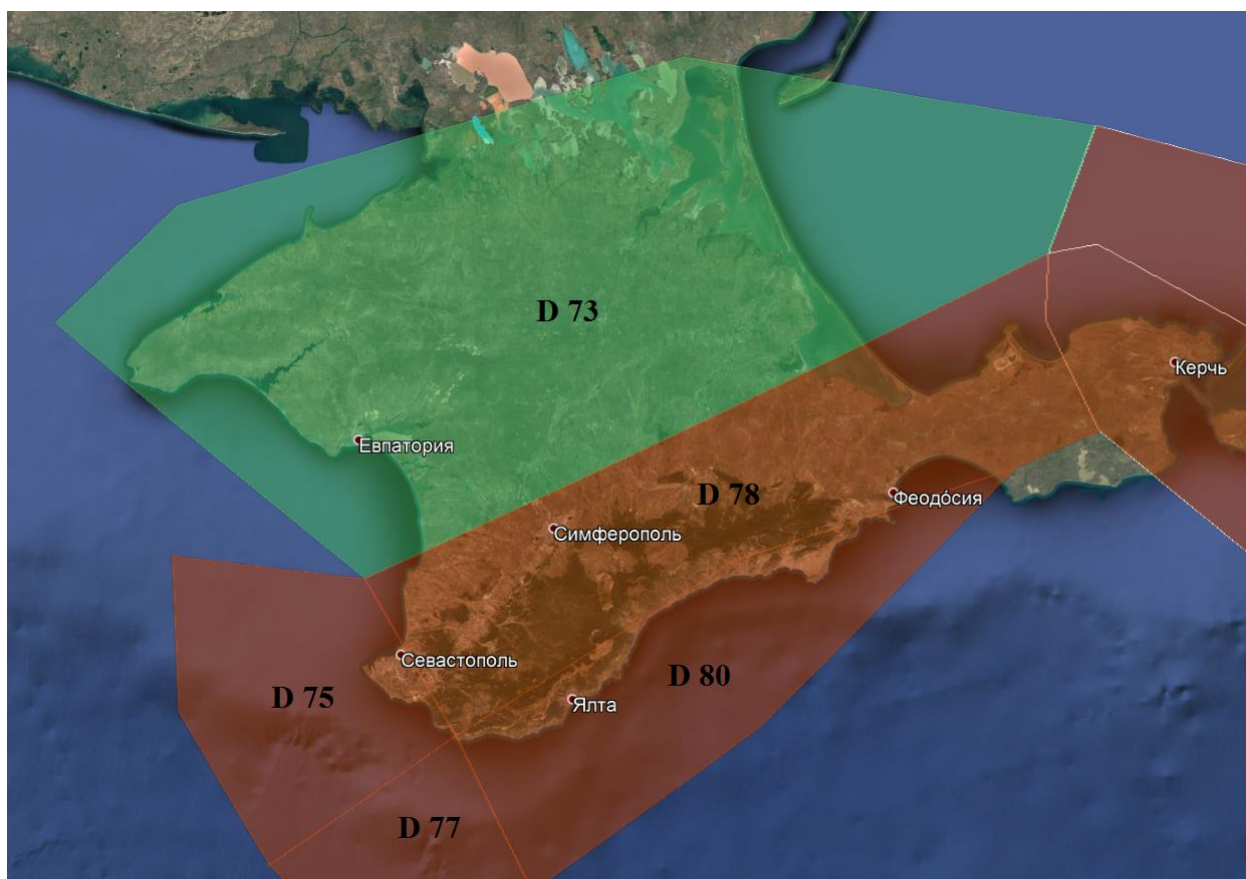


Рисунок 4. Схема расположения исследуемого участка относительно доменов способных вызвать сотрясения в 5 и более баллов (Симонов Д.А., Захаров В.С. и др, 2019)

№ в базе ОСР-97	M_{max}	Сейсмический поток линеамента с магнитудой M_{LN} в год		
		6.0 ± 0.2	6.5 ± 0.2	7.0 ± 0.2
5	7.0	0.00002317	0.000016595	0.000014254
6	6.5	0.000023086	0.000016534	-
11	7.0	0.00002305	0.000016509	0.000014181
12	6.0	0.000023224	-	-
13	6.0	0.000023103	-	-
17	7.0	0.000023028	0.000016493	0.000014168

Таблица 3 - Таблица 3. Линеаменты, способные вызвать сотрясения в 5 и более баллов (Уломов, 1998; Уломов, Шуმიлина, 1999)

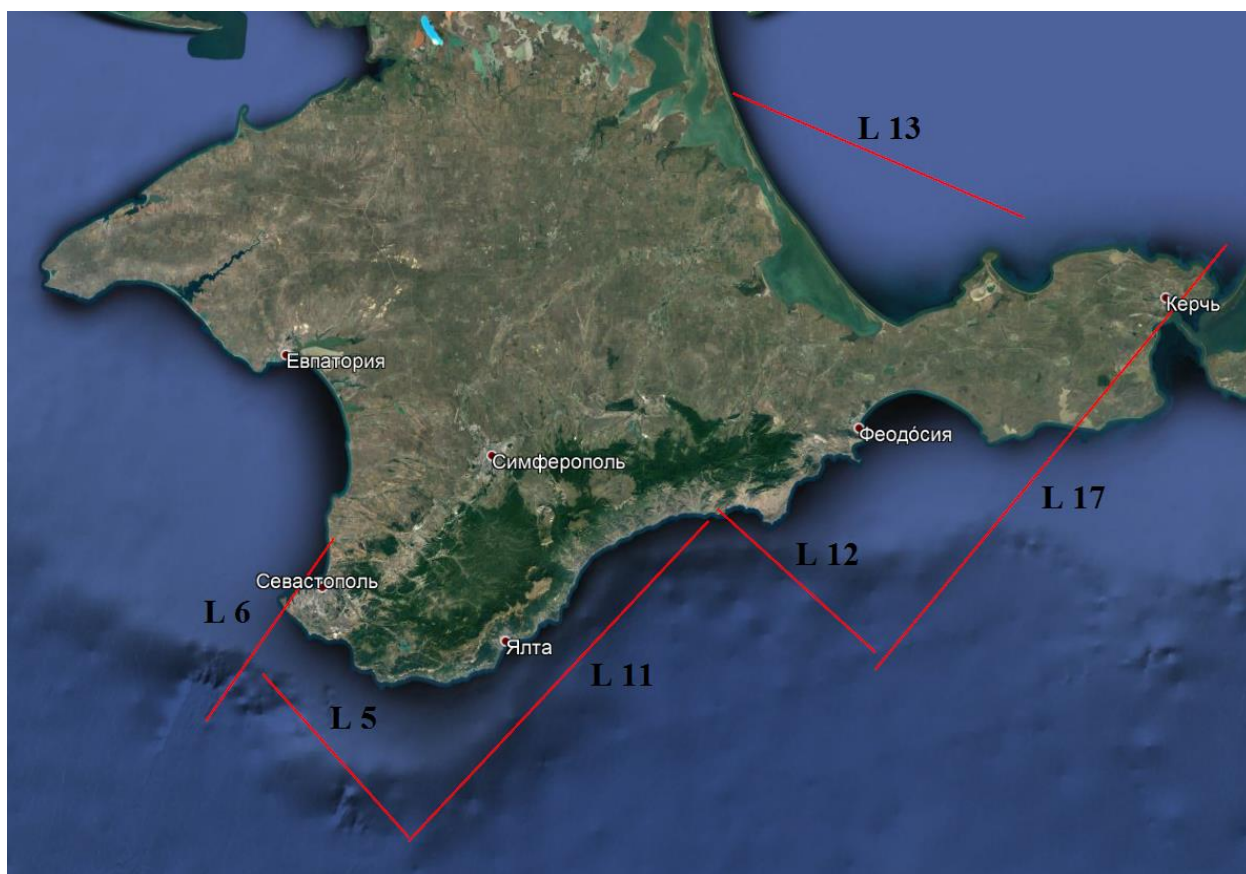


Рисунок 5. Схема расположения исследуемого участка относительно линеаментов способных вызвать сотрясения в 5 и более баллов. (на основе данных Симонов Д.А., Захаров В.С. и др, 2019)

Размеры территории и выбор зон ВОЗ обусловлен их расположением относительно участка и магнитудами тех сейсмических событий, которые вызывают сотрясения в 5 и более баллов. Используя ограничение в 200 км от участка, из модели зон ВОЗ ОСР-97 были выбраны домены, способные вызвать сотрясения в 5 и более баллов (таблица 2, рисунок 4).

Аналогичным образом, были выбраны линеаменты, сейсмический потенциал которых, способен оказывать влияние на сейсмическую опасность изучаемого участка (таблица 3, рисунок 5).

3.6. Сейсмический режим участков возникновения очагов землетрясений района исследований

Как отмечено выше, одним из требований при проведении УСО на основе методологии ОСР-97 является детализация модели зон ВОЗ, а именно верхний магнитудный уровень доменов, который может быть понижен в соответствии с понижением уровня минимальных магнитуд землетрясений в линеаментных структурах.

Необходимо отметить, что исследуемые участки расположены в пределах домена D 78 и D75 модели зон ВОЗ ОСР-97 с максимальной магнитудой $M_{\max}=5.0$. Согласно принятой модели затухания интенсивность сотрясений от землетрясений $M_{th}=5.0$ на расстоянии 10 км, могут вызвать сотрясения более 6 баллов на грунтах второй категории по сейсмическим свойствам.

Сейсмические события в ближних зонах соответствуют доменам D 75, D 77, D 78 и D 80. Сейсмический потенциал материковой части не проявлялся за период инструментальных наблюдений.

3.7. Инженерно-геологические условия участков изысканий

С целью сравнения результатов изучения инженерно-геологических условий было выбрано 7 участков на южном и юго-восточном побережье полуострова Крым (рис.7). На каждом из них планируется строительство зданий и сооружений повышенного или среднего уровня ответственности.

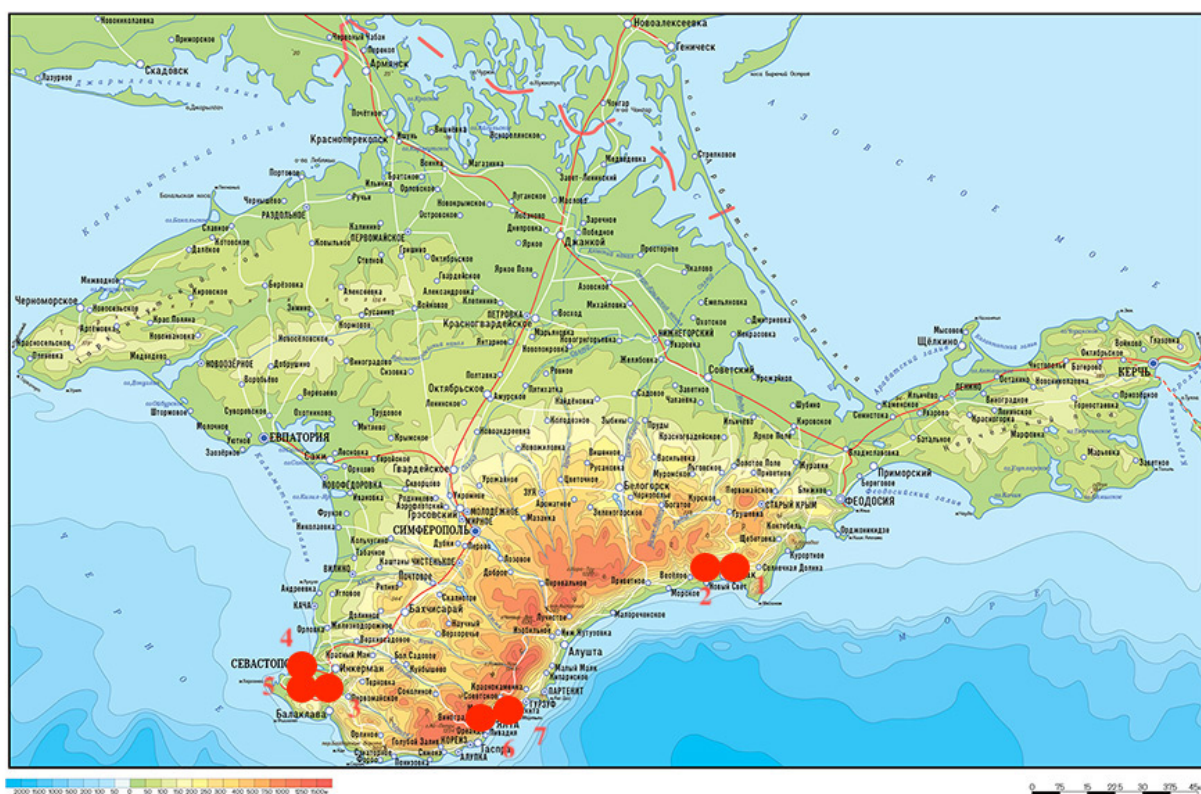


Рисунок 6. Схема расположения исследованных участков

Участок 1. Строительство многофункционального многоэтажного жилого дома в г. Судак.

Городской округ Судак расположен в юго-восточной части Республики Крым. Граничит на западе с городским округом Алушта, на северо-западе с Белогорским муниципальным районом, на севере с Кировским муниципальным районом, на северо-востоке с городским округом Феодосия. Южная и юго-западная часть, протяженностью 40 км омывается водами Черного моря.

В геологическом строении исследуемой территории принимают участие отложения кайнозойской эратемы, выделенные в объеме четвертичной системы, современного отдела (голоцен).

До разведанной глубины 15,0 м выделен один кайнозойский стратиграфо-генетический комплекс, представленный техногенными отложениями, подстилаемыми аллювиальными отложениями (сверху вниз):

ИГЭ 1 (tQh) – представлен бетоном, бытовым мусором, песчано-гравийной смесью (ПГС), строительным мусором. Залегают с поверхности до глубины 1,3 – 2,1 м. Мощность отложений от 1,3 м. до 2,1 м.

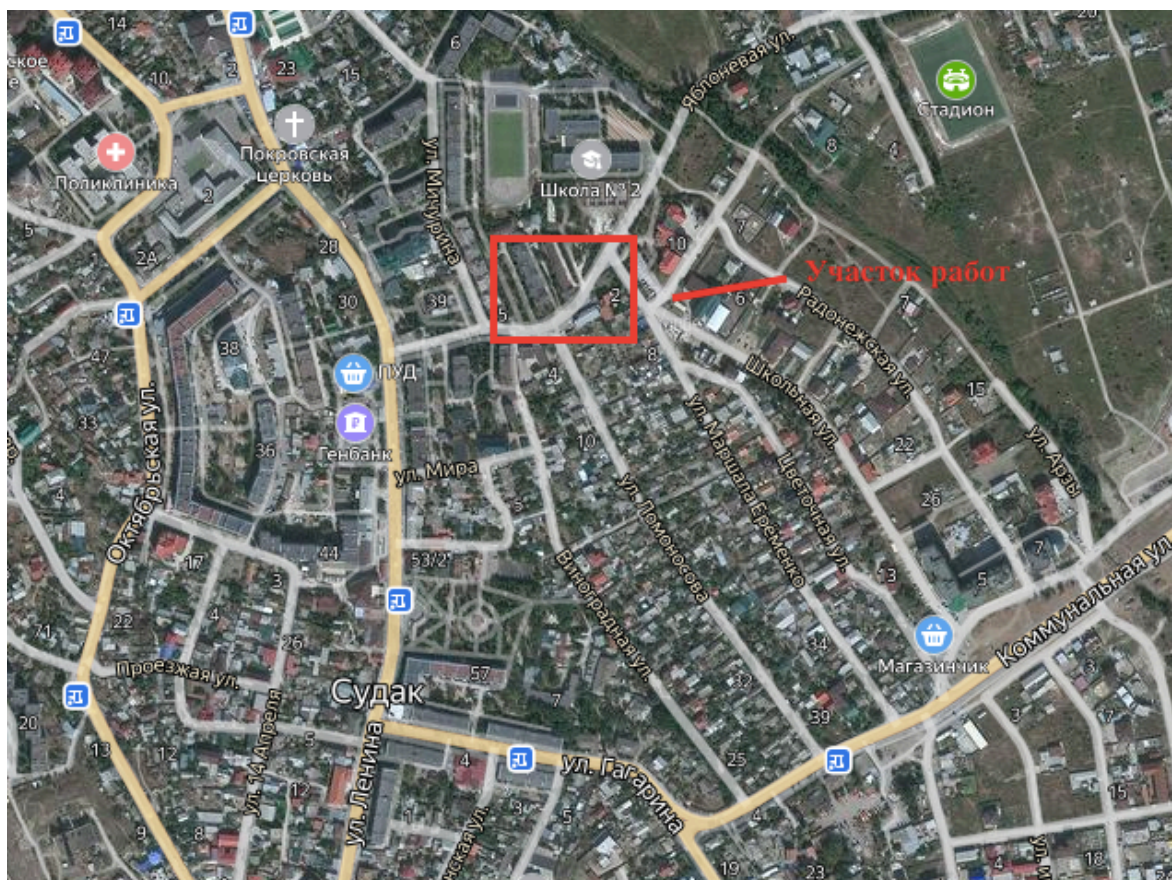


Рисунок 7. Схема расположения участка 1 (Google Maps, 2020)

ИГЭ 2 (аQh) – суглинок твердый, легкий, непросадочный. Залегает с 1,3 -2,1 и прослеживается до глубины 7,4-8,1 м. Мощность отложений - от 6,0 до 6,2 м.

ИГЭ 3 (аQh) – суглинок твердый, легкий, водонасыщенный. Залегает с 7,4 -8,1 и прослеживается до глубины 9,9-10,5 м. Мощность отложений - от 2,4 до 2,8 м.

ИГЭ 4 (аQh) – гравий, неоднородный, водонасыщенный. Залегает с глубины от 9,9 м до 10,5 м и прослеживается до глубины от 10,4 м до 11,1 м. Мощность слоя от 0,4 до 0,6 м.

ИГЭ 5 (аQh) – суглинок полутвердый, легкий, водонасыщенный, залегают с глубины 10,4-1,1 м, прослеживается до разведанной глубины 15,0 м.

В гидрогеологическом отношении исследуемый участок имеет один гидрогеологических субнапорный горизонт ИГЭ-4, приуроченный к аллювиальным отложениям. Вскрытая мощность водоносного горизонта составляет 0,4-0,6 м.

К опасным геологическим процессам в районе работ относится:

1.Эндогенные.

Среди эндогенных процессов на территории изысканий отмечается сейсмичность. Сейсмичность района составляет 8 баллов по карте А (СП 14.13330.2014). В соответствии с таблицей 1 СП 14.13330.2014, грунты ИГЭ-1 относятся к IV категории по сейсмичности, грунты ИГЭ-2 - ИГЭ-5 ко II.

2.Экзогенные.

Гравитационные склоновые процессы, в период исследования, не обнаружены в пределах исследуемой территории.

На основе информации о сейсмогенерирующих структурах в окрестности объекта выбраны очаги сценарных землетрясений, в соответствии с картой ОСР- 2015 А.

Согласно этой карте, участок расположен в зоне с сейсмичностью 8 баллов.

Вблизи участка расположены три линеамента L-0011 (с максимальной возможной магнитудой землетрясений 7.0), L-0012 и L-0013 (с максимальной возможной магнитудой землетрясений 6.0). Сам г. Судак расположен на территории домена D-0078 (с максимальной возможной магнитудой землетрясений 5.5). Следовательно, для исследуемого участка характерны три сценарных землетрясения: $Z_1(M=7.0)$, $Z_2(M=6.0)$ и $Z_3(M=5.5)$.

В соответствии с классификацией, приведенной в таблице 1 СП 14.13330.2014, вышеуказанные породы относятся к II категории. Сейсмичность района работ, приведенная на карте ОСР-2015 А, определена для второй (средней) категории грунтов.

На основании изложенного, за эталонные грунты, которым соответствует фоновая сейсмичность, согласно РСН 60-86 пункт 5.3, приняты грунты, II категории по сейсмическим свойствам.

Комплексный анализ интерпретации сведений об инженерно-геологических и геофизических условиях позволил сделать следующие выводы относительно сейсмичности исследуемого участка:

1. С учетом планировочной отметки расчетная сейсмичность на поверхности грунта составила 0,17 -0,18, что соответствует 7,83 -7,82 балла. С учетом планировочной отметки поправка составила 0,14-0,16, что соответствует 8,14-8,16 баллов. Сейсмичность незначительно ухудшается за счет влияния грунтовых вод.

2. С учетом поправки за сейсмическую жесткость грунта, расчетный балл сейсмической опасности для данной площадки составляет 8,14 - 8,16 балла.

Согласно СП 14.13300.2014 п. 6.1.1, расчетную сейсмичность для планировочной поверхности площадки строительства, для степени сейсмической опасности А (10%) в течение 500 лет принимается 8 баллов в целочисленных значениях по шкале MSK-64.

Участок 2. Капитальный ремонт автомобильной дороги Алушта-Судак-Феодосия

В административном отношении участок изысканий находится: Российская Федерация, Республика Крым, автомобильная дорога Алушта-Судак-Феодосия участок: км 66.

В геоморфологическом отношении исследуемый район работ относится к южнобережной геоморфологической области Главной гряды Крымских гор. В структурном отношении Южный берег соответствует зоне резко контрастных новейших движений. На формирование рельефа оказывают большое влияние эрозионные и гравитационные (оползневые) процессы.



Рисунок 8. Схема расположения участка 2 (Google Maps, 2020)

На основе информации о сейсмогенерирующих структурах в окрестности объекта выбраны очаги сценарных землетрясений, в соответствии с картой ОСР-2015-А и ОСР-2015-В. Согласно этим картам, участок расположен в зоне с сейсмичностью 8 и 9 баллов соответственно. Очаги сценарных землетрясений для обеих карт ОСР будут принадлежать одним и тем же доменам и линеаментам, но при этом очаги сценарных землетрясений, соответствующие карте ОСР-2015-В, будут расположены ближе к объекту.

Исследуемый объект расположен в границах домена D 0080. Для домена D 0080 максимально возможные землетрясения имеют магнитуду $M_{\max} = 5,5$. Потенциальный очаг землетрясения с магнитудой $M_{\max} = 5,5$ в пределах домена D 0080 может быть расположен в непосредственной близости от объекта, и даже под ним.

Однако самое сильное из возможных землетрясений будет связано с линеamentом L0011 ($M_{\max}=7,0$).

В геологическом строении площадки изысканий по результатам буровых работ до глубины 5,0-25,0 метров выделено 5 инженерно-геологических элементов:

Слой П (hQh) – Почвенно-растительный слой: бурые горнолесные почвы, с включением корней растений. Мощность слоя 0,05-0,10 м.

ИГЭ-1 (alQN3-Qh) - нерасчлененные аллювиально-делювиальные образования (по породам таврического флиша – аргиллитам и песчаникам), представленные дресвяно-щебенистым грунтом с включением глыб песчаника, с супесчаным заполнителем серого и серо-бурого и бурого цвета. Мощность слоя от нескольких сантиметров до 1,80 м.

ИГЭ-2 (eQN3-Qh) - дресвяный грунт с заполнителем из супеси пылеватой, твердой, серого и серо-бурого и бурого цвета, с включением смещенных пачек аргиллита сильновыветрелого, плитчатого, трещиноватого, ожелезненного. Обломочный материал представлен сильновыветрелыми обломками пород таврического флиша. Мощность слоя 1,60-3,15 м.

ИГЭ-3 (ТЗ-Ј1) – аргиллит серого и темно-серого до черного цвета, алевролитистый, полускальный, низкой прочности, плотный, размягчаемый, сильновыветрелый, плитчатый до чешуйчатого, с прослоями песчаника серого цвета, мелкозернистого, окварцованного. Максимальная вскрытая мощность слоя: 22,80 м.

Водовмещающими породами являются ослабленные зоны пород таврического флиша (ИГЭ-1). Питание подземных вод осуществляется за счет атмосферных осадков.

Из современных активных геологических и инженерно-геологических процессов и явлений в процессе изысканий отмечаются:

- высокая сейсмичность;

- склоновые процессы.

Согласно таблице 1 СП 14.133300.2018 грунты слагающие площадку изысканий относятся к I (ИГЭ-2) и II (ИГЭ-1) категории по сейсмическим свойствам.

На участке сейсмического микрорайонирования повсеместно зафиксированы выходы скальных грунтов. В соответствии с классификацией, приведенной в табл.1 СП 14.13330.2018, породы ИГЭ-2 относятся к I категории грунтов по сейсмическим свойствам.

На основании изложенного, за эталонные грунты, которым соответствует фоновая сейсмичность, согласно РСН 60-86 пункт 5.3, приняты грунты, I категории по сейсмическим свойствам и согласно п. 5.3 РСН 60-86 величину исходной сейсмичности следует уменьшать на один балл согласно табл. 1 СП 14.13330.2018.

В соответствии с вышеприведенными нормами исходная величина сейсмичности принята по ближайшему населенному пункту г. Судак согласно карте ОСР-2015-А и приложением А к СП 14.13330.2018 - 8 баллов для автодороги, ОСР-2015-В – 9 баллов для

подпорной стенки. Следовательно, расчетная сейсмичность для автодороги 7 баллов, для подпорной стенки 8 баллов.

Комплексный анализ интерпретации сведений об инженерно-геологических и геофизических условиях на территории проектируемого строительства позволил сделать следующие выводы относительно сейсмичности исследуемого участка:

1. В соответствии с классификацией, приведенной в таблице 1 СП 14.13330.2018, породы относятся к I категории грунтов по сейсмическим свойствам.

2. Расчетная сейсмичность площадки для автодороги составила 7,58 балла, для подпорной стенки 8,31 балла.

Согласно СП 14.13300.2014 п. 6.1.1, расчетную сейсмичность для планировочной поверхности площадки строительства, для степени сейсмической опасности А (10%) в течении 500 лет принимается 8 баллов в целочисленных значениях по шкале MSK-64, по карте В (5%) – 8 баллов.

Участок 3. Строительство пожарного депо в с. Павловка

Участок работ расположен в с. Павловка г. Севастополя и представляет собой территорию в границах земель сельсовета с. Павловка.

На основании выполненных полевых и лабораторных исследований грунтов на участке изысканий выделено 3 ИГЭ:

ИГЭ 1 (pdQI) – дресвяный грунт коричневый, с суглинистым заполнителем, полутвердой консистенции, влажный. Мощность слоя изменяется от 0.6 до 3.1 м.

ИГЭ 2 (pdQI) – глина коричневая, щебенистая, полутвердая, с прослоями песчаника до 5-8 см. Мощность слоя от 1.5 до 3.8 метра.

ИГЭ 3 (J2) – глина темно-серая, твердая, аргиллитоподобная. Максимально вскрытая мощность слоя составляет 24,5 м.

Грунты по сейсмическим свойствам относятся: ко II категории, согласно табл.1 СП 14.13330.2014.

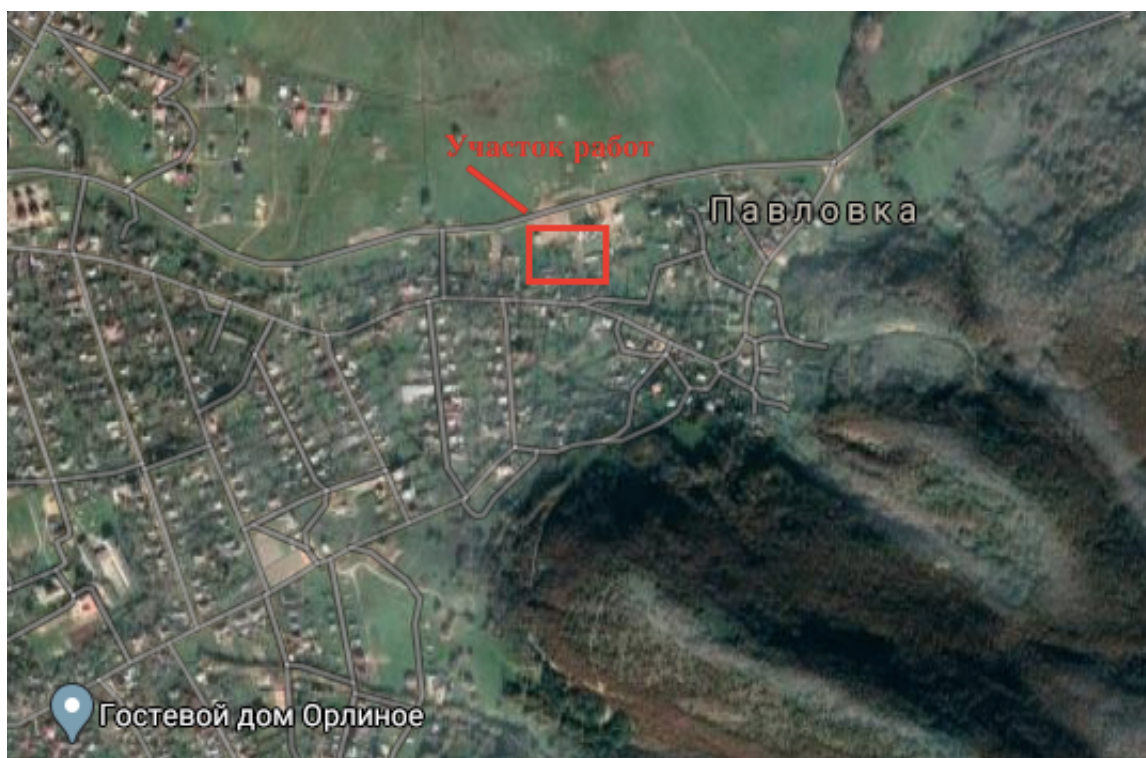


Рисунок 9. Схема расположения участка 3 (Google Maps, 2020)

Водоносный горизонт безнапорный. Источником питания водоносного горизонта являются атмосферные осадки.

В пределах исследуемого участка активные современные геологические и инженерно- геологические процессы, такие как обвалы, сели, оползни и т.п. отсутствуют.

В соответствии с вышеприведенными нормами исходная величина сейсмичности принята по ближайшему населенному пункту г. Севастополь согласно карте ОСР-2015-А и приложением А к СП 14.13330.2014 - 8 баллов, ОСР-2015-В – 9 баллов.

Ближайшей к участку сеймотектонической структурой является линеамент L-0006 с $M_{\max} = 6,5$. Удаление от границы домена составляет примерно 2 км.

В соответствии с классификацией, приведенной в табл.1 СП 14.13330.2018, вышеуказанные породы относятся к I категории. Сейсмичность района работ, приведенная на карте ОСР-2015-А, определена для II категории грунтов.

Комплексный анализ интерпретации сведений об инженерно-геологических и геофизических условиях на территории проектируемого строительства позволил сделать следующие выводы относительно сейсмичности исследуемого участка:

1. В соответствии с классификацией, приведенной в таблице 1 СП 14.13330.2018, породы относятся ко II категории грунтов по сейсмическим свойствам.

2. Расчетная сейсмичность площадки по карте А – 8,03 балла, по карте В- 9,03 балла.

Согласно СП 14.13300.2018 п. 6.1.1, расчетную сейсмичность для планировочной поверхности площадки строительства, для степени сейсмической опасности А (10%) в течении 500 лет принимается 8 баллов в целочисленных значениях по шкале MSK-64, по карте В (5%) – 9 баллов.

Участок 4. Строительство типового административно-лабораторного корпуса в г. Севастополь

В административном отношении участок изысканий находится в г. Севастополь.

В геоморфологическом отношении район изысканий расположен в пределах холмистой равнины на неогеновых известняках и мергелях.

По результатам полевых работ и математической обработки результатов лабораторных определений физико-механических свойств грунтов, до глубины 40,0 м выделен 1 инженерно-геологический элемент:

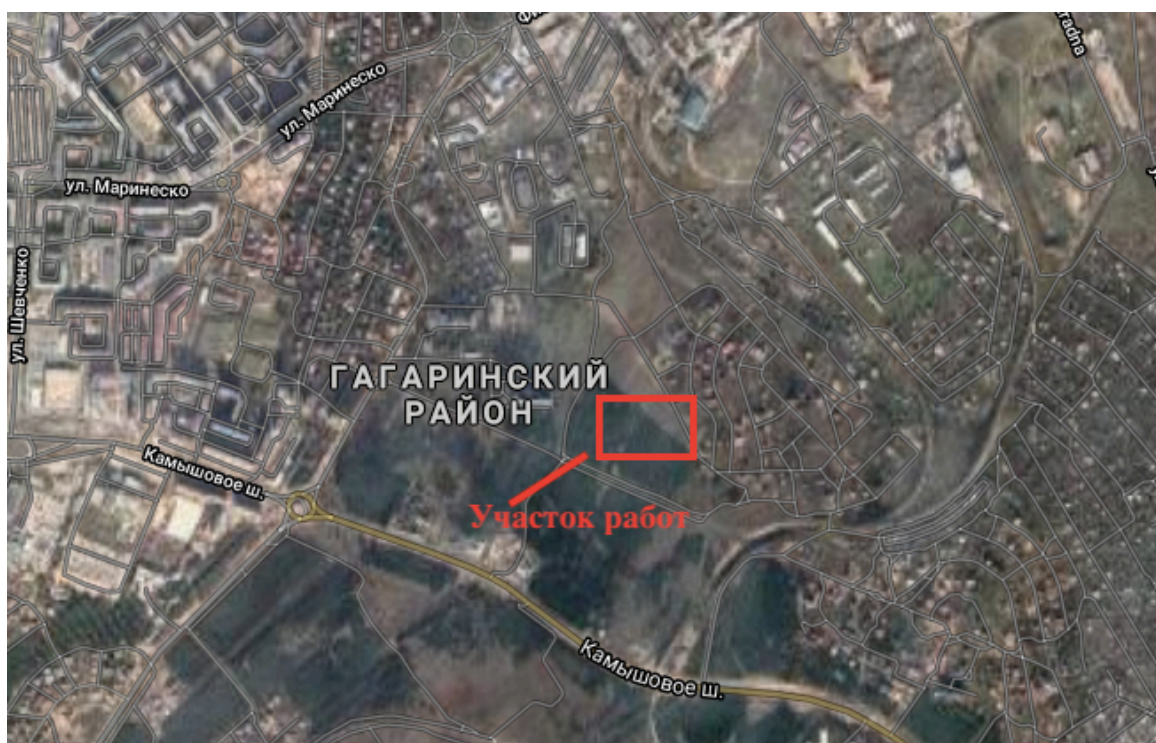


Рисунок 10. Схема участка 4 (Google Maps, 2020)

ИГЭ-1– Известняк органогенный светло-коричневый скальный малопрочный с прослоями известняка полускального пониженной прочности, размягчаемый,

сильнокавернозный, каверны заполнены глиной серо-зелёной с вкраплениями окислов марганца, слабовыветрелый.

Следовательно, по дополнительным характеристикам сейсмических свойств грунтов, согласно табл.1 СП 14.13330.2018, грунты относятся к I категории.

При проведении инженерно-геологических изысканий подземные воды до глубины 40,0 м вскрыты не были.

В качестве эталонных приняты грунты, относящиеся к I категории по сейсмическим свойствам. В районе исследуемого участка уровень сейсмической опасности составляет по карте А ОСР-2015 8 баллов.

Ближайшей к участку сеймотектонической структурой является линеамент L-0006 с $M_{\max} = 6,5$. Удаление от границы домена составляет примерно 2 км.

В соответствии с классификацией, приведенной в таблице 1 СП 14.13330.2018, вышеуказанные породы относятся к I категории. Сейсмичность района работ, приведенная на карте ОСР-2015-А, определена для II категории грунтов.

Комплексный анализ интерпретации сведений об инженерно-геологических и геофизических условиях позволил сделать следующие выводы относительно сейсмичности исследуемого участка:

1. В сейсмическом отношении участок изысканий относится к сейсмически опасным районам. В соответствии с картой ОСР-2015-А и СП 14.13330.2018, сейсмичность участка для уровня риска «А» составляет 8 баллов при повторяемости 1 раз в 500 лет с вероятностью 0,90 не превышения этой величины в ближайшие 50 лет.

2. Расчетная сейсмичность участка по карте А (ОСР-2015), с учетом максимального приращения сейсмической интенсивности (0,23) и I категории грунтов по сейсмическим свойствам составляет 7 баллов.

Участок 5. Строительство территории энергоцентра, МФК и паркинга в г. Севастополь



Рисунок 11. Схема расположения участка 5 (Google Maps, 2020)

Участок работ расположен в с. Вишневое г. Севастополя и представляет собой территорию в границах земель сельсовета с. Вишневое.

В геоморфологическом отношении исследуемый район работ относится к южнобережной геоморфологической области Главной гряды Крымских гор.

На формирование рельефа оказывают большое влияние эрозионные и гравитационные (оползневые) процессы.

В геологическом строении сверху вниз до глубины 45,0 м выделено 2 ИГЭ:

- Суглинок бурый, местами серый, твёрдый, тяжёлый, пылеватый, с вкл. дресвы и щебня известняка, с редкими прослоями дресвяного грунта. Абсолютные отметки кровли слоя от +74,89 до +134,15 м. Мощность слоя до 25,0 м.

- Суглинок дресвяный темно-серо-синего цвета, твёрдый, тяжёлый пылеватый, с дресвой и щебнем аргиллита, песчаника и алевролита, местами с включениями пачек перемятого аргиллита. Абсолютные отметки кровли слоя от +67,36 м до +122,64 м. Мощность слоя до 40,0м.

В пределах исследуемого участка подземные воды, вскрытые в верхнечетвертично-современных (дрQIII-QIV), залегают не повсеместно.

Водовмещающими породами являются залегающие в основном в виде линзообразных прослоев дресвяно-щебенистые грунты аргиллитового, песчаникового и реже известнякового состава, суглинки дресвяные, с включением обломочного материала.

В пределах исследуемого участка активные современные геологические и инженерно- геологические процессы, такие как обвалы, сели, оползни и т.п. отсутствуют.

На основе информации о сейсмогенерирующих структурах в окрестности объекта выбран очаг сценарных землетрясений, в соответствии с картой ОСР-2015-А. Согласно этой карте, участок расположен в зоне с сейсмичностью 8 баллов.

Ближайшей к участку сеймотектонической структурой является линеамент L-0006 с $M_{\max} = 6,5$. Удаление от границы домена составляет примерно 2 км.

В соответствии с классификацией, приведенной в таблице 1 СП 14.13330.2018, вышеуказанные породы относятся к II категории.

Комплексный анализ интерпретации сведений об инженерно-геологических и геофизических условиях на территории проектируемого строительства позволил сделать следующие выводы относительно сейсмичности исследуемого участка:

1. В соответствии с классификацией, приведенной в таблице 1 СП 14.13330.2018, породы относятся ко II категории грунтов по сейсмическим свойствам.

2. Расчетная сейсмичность площадки по карте ОСР-2015-А – 8,03 балла.

Согласно СП 14.13300.2018 п. 6.1.1, расчетную сейсмичность для планировочной поверхности площадки строительства, для степени сейсмической опасности А (10%) в течение 500 лет принимается 8 баллов в целочисленных значениях по шкале MSK-64.

Участок 6. Реконструкция здания с нежилыми помещениями в г. Ялта

В административном отношении территория инженерно-геофизических исследований находится по адресу: Российская Федерация, г. Ялта, ул. Красноармейская, д.8, литера «В» (рисунок 1.1 -1.2).

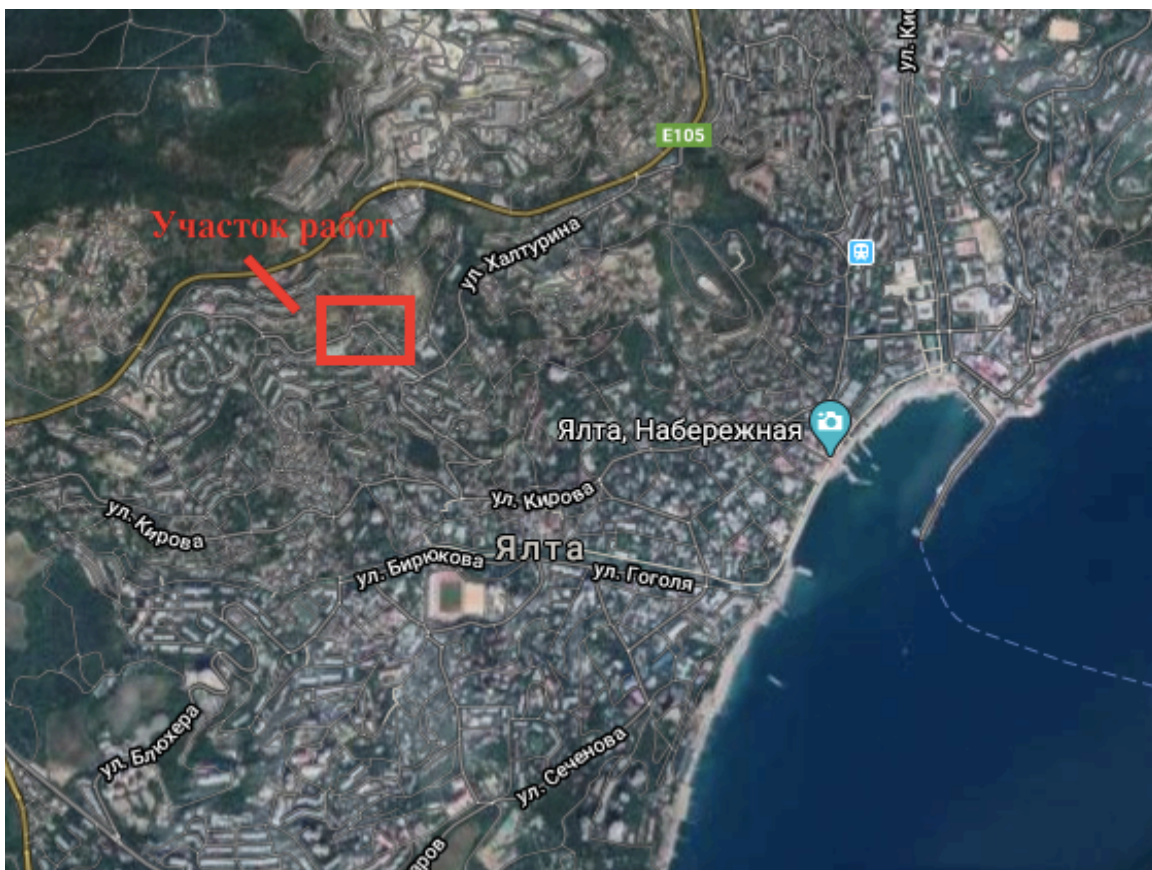


Рисунок 12. Схема расположения участка 6 (Google Maps, 2020)

Исследуемый район работ относится к южнобережной геоморфологической области Главной гряды Крымских гор. На формирование рельефа оказывают большое влияние эрозионные и гравитационные (оползневые) процессы.

Исследуемый объект относится к объектам нормальной степени ответственности, и расчеты сейсмических воздействий для него следует проводить в соответствии с картой ОСР-2015А (п.4.3 СП 14.13330.2018).

На основе информации о сейсмогенерирующих структурах в окрестности объекта выбраны очаги сценарных землетрясений, в соответствии с картой ОСР-2015-А. Согласно этой карте, участок расположен в зоне с сейсмичностью 8 баллов

Ближайший к объекту линеймент L 0011 способен генерировать наиболее сильные в регионе землетрясения с $M_{\max} = 7,0$.

В геологическом строении площадки изысканий по результатам буровых работ до глубины 15,0 метров выделено 2 структурно-генетических комплекса (СГК):

СГК-I – Современные техногенные образования (tQh)

Слой Н1 (tQh) – Асфальтовое, либо бетонное покрытие. Мощность слоя 0,04-0,06м.

Слой Н2 (tQh) – Щебенистая подушка (щебень осадочных горных пород). Встречен всеми скважинами под слоем асфальта, либо бетона (слой Н1) на глубине 0,04-0,06 мощность слоя 0,08-0,15 м (скважины), 0,30- 0,40 м (шурфы).

Слой Н3 (tQh) – Насыпной грунт: суглинок коричневого, темно-коричневого и темно-серого цвета, с дресвой и щебнем известняка, аргиллита и песчаника, перемятый, со строительным мусором (битый кирпич, обломки бетона, проволока).

СГК-II – Проллювиально-делювиальные образования верхнего неоплейстоцена голоцена (dpQN3-Qh).

ИГЭ-1 (dpQN3-Qh) – Щебенисто-дресвяный грунт из щебня и дресвы известняка, с заполнителем из суглинка песчанистого коричневого, темно-коричневого и темно-серого цвета, с включением смещенных пачек аргиллита сильновыветрелого, плитчатого, трещиноватого, ожелезненного. Вскрытая мощность слоя 13,30-14,00 м.

Водовмещающими породами являются грунты ИГЭ-1. Питание водоносного горизонта осуществляется за счет атмосферных осадков.

Из современных активных геологических и инженерно-геологических процессов и явлений в процессе изысканий отмечаются:

- высокая сейсмичность;
- подтопление.

Согласно таблице 1 главы СП 14.133300.2018, грунты площадки изысканий относятся к I категории по сейсмическим свойствам.

Поскольку ДСР для района работ отсутствует, за исходную сейсмичность принята наиболее высокое значение – 8 баллов.

По результатам работ оценка сейсмической опасности участка в баллах шкалы MSK-64, с учетом приращения за сейсмическую жесткость с учетом обводнённости разреза и планировочной отметки здания, составила 7,3 балла.

Комплексный анализ интерпретации сведений об инженерно-геологических и геофизических условиях позволил сделать следующие выводы относительно сейсмичности исследуемого участка:

1. Расчетный балл сейсмической опасности для данной площадки составляет 7,76 балла.

Согласно СП 14.13300.2018 п. 6.1.1, расчетную сейсмичность для планировочной поверхности площадки строительства, для степени сейсмической опасности А (10%) в течение 500 лет принять 8 баллов в целочисленных значениях по шкале MSK-64.

2. Приблизительный период повторяемости таких значений ускорений и скоростей– 500 лет.

Участок 7. Территория вертолетного ангара и вертолетной площадки в г. Ялта

В административном отношении участок работ расположен по адресу: Республика Крым, за границами населенных пунктов г. Ялта, в районе с. Оползневое.

В геоморфологическом отношении исследуемый район работ относится к южнобережной геоморфологической области Главной гряды Крымских гор. В структурном отношении Южный берег соответствует зоне Ялтинскому опусканию с резко контрастными новейшими движениями. На формирование рельефа оказывают большое влияние эрозионные и гравитационные (оползневые) процессы.

На момент изысканий гидрогеологические условия территории изысканий характеризуются распространением одного водоносного горизонта.

В пределах исследуемого участка подземные воды, вскрытые в верхнечетвертично-современных (dpQIII-QIV), залегают не повсеместно.

Водовмещающими породами являются залегающие в основном в виде линзообразных прослоев дресвяно-щебенистые грунты аргиллитового, песчаникового и реже известнякового состава, суглинки дресвяные, с включением обломочного материала.

Анализ и обобщение полученных данных, характеризующих возраст, генезис, состав, состояние, деформационные и прочностные параметры грунтов, слагающих территорию инженерно-геологических изысканий, позволили выделить 3 инженерно-геологических элемента (ИГЭ):

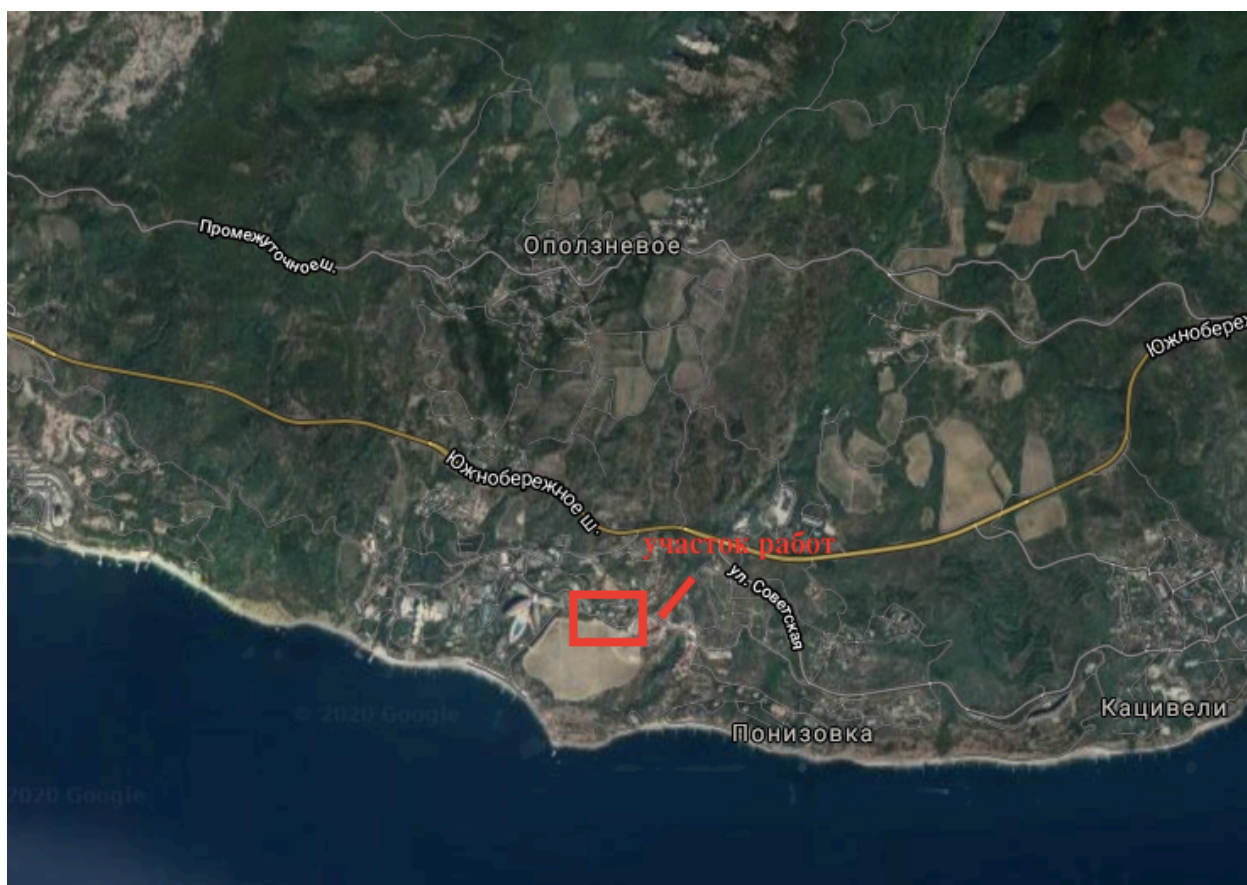


Рисунок 13. Схема расположения участка 7 (Google Maps, 2020)

ИГЭ 1 (tQIV)- Насыпной грунт: суглинок дресвяный серого, местами коричневого цвета с включениями щебня и глыб известняка, а также, строительного мусора;

ИГЭ 2 (dpQIII-QIV)- Суглинок бурый, местами серый, твёрдый, тяжёлый, пылеватый, с вкл. дресвы и щебня известняка, с редкими прослоями дресвяного грунта,

ИГЭ 3 (dpQIII-QIVИз)- Суглинок дресвяный темно-серо-синего цвета, твёрдый, тяжёлый пылеватый, с дресвой и щебнем аргиллита, песчаника и алевролита, местами с включениями пачек перемятого аргиллита.

Из современных активных геологических и инженерно-геологических процессов и явлений в процессе изысканий отмечаются:

- высокая сейсмичность;
- оползни;
- эрозия.

Исследуемый участок расположен в пределах домена D 78 модели зон ВОЗ ОСР-97 с максимальной магнитудой $M_{\max}=5.0$. Сейсмические события в ближней зоне

соответствуют доменам D 77 и D 80. Сейсмический потенциал материковой части не проявлялся за период инструментальных наблюдений. Основной вклад в сейсмическую опасность участка вносит домен D 80 и линеамент L 11.

По сейсмическим свойствам, грунты в пределах сейсмореализующей толщи относятся ко II категории (СП 14.13330.2018, табл. 1). По результатам уточнения исходной сейсмичности, уточненная исходная сейсмичность площадки исследований составляет 8.5 балла для карты ОСР-2015-А и 8.8 балла для карты ОСР-2015-В.

В соответствии с п.5.1. РСН 60-86, в качестве средних грунтов, к которым условно относится величина исходного балла, определенная по ОСР-2015, рекомендованы необводненные супесчано-суглинистые грунты с включением дресвяно-щебнистого и гравийно-галечникового материала, относящиеся ко II категории по сейсмическим свойствам, в соответствии с табл. 1, СП 14.13330.2018.

По результатам исследований сделаны следующие выводы:

1. По данным анализа геологической и геофизической информации, площадка является не однородной в сейсмическом отношении. Скоростные параметры грунтов на участке, соответствуют II категории по сейсмическим свойствам.

2. Итоговая оценка сейсмической опасности участка составляет 8 баллов для сооружений нормального уровня ответственности и 9 баллов для сооружений повышенного уровня ответственности. Оценки приведены к целочисленным баллам в соответствии с п. 6.1.1 СП 14.13330.2014, для жилых и общественных зданий и сооружений.

3.8. Расчет устойчивости склона с учетом сейсмического воздействия

С целью подробного изучения опасных инженерно-геологических процессов в регионах с высокой сейсмичностью был выбран участок №7 «Территория вертолетного ангара и вертолетной площадки в г. Ялта». Участок изысканий относится к опасной территории по опасным геологическим процессам согласно СП 115.13330.2016 (Приложение Б).

Для качественной оценки состояния проблемного склона, в пределах исследуемой территории выполнены расчеты устойчивости для грунтов, слагающих склоны и находящихся в естественном состоянии при условии их водонасыщения. Также были выполнены расчеты с учетом дополнительного сейсмического воздействия.

Направление профилей, для расчетов устойчивости склона, выбрано с учетом результатов буровых работ и трещинно-морфологического обследования территории.

Были исследованы следующие основные расчетные ситуации при естественном состоянии склона на момент изысканий:

- расчеты устойчивости стабилизированного склона на основное сочетание нагрузок по физико-механическим характеристикам грунтов, принятым на основе исследовательских материалов, с учетом их возможного водонасыщения;

- расчеты на особое сочетание нагрузок (сейсмичность 9 баллов).

Расчеты выполнялись методами Шахунянца, Моргештейн-Прайса, Янбу.

Согласно п. 5.2.2 СП 116.13330.2012, для сооружений инженерной защиты нормированные значения коэффициентов устойчивости будут составлять:

– при расчете на основное сочетание нагрузок $[k_{st}] = 1,2$

– при расчете на особое сочетание нагрузок $[k_{st}] = 1,15$

Вид испытания	№ ИГЭ	Удельное сцепление С, кПа	Угол внутреннего трения φ , град.
	В естественном состоянии		
Неконсолидированный быстрый срез при природной влажности	2	77	22
	3	72	23
Неконсолидированный быстрый срез по подготовленной поверхности	2	39	25
	3	39	24
Неконсолидированный быстрый срез по смоченной поверхности	2	3	18
	3	6	18

Таблица 4. Расчетные физико-механические свойства грунтов методом «плашка по плашке»

№ ИГЭ	Плотность грунта природной влажности ρ , г/см ³	Удельное сцепление С, кПа	Угол внутреннего трения ϕ , град.
Для расчетов устойчивости стабилизированного склона			
1	2,07	6	21
2	2,11	23	22
3	2,10	27	22
Для расчетов устойчивости участков склона, подверженных активным оползневым процессам			
1	2,07	6	21
2	2,11	3	18

Таблица 5. Расчетные физико-механические свойства грунтов принятые для расчетов

№ разреза	Основное сочетание нагрузок			Особое сочетание нагрузок		
	Моргештейн Прайс	Метод Шахунянца	Янбу	Моргештейн Прайс	Метод Шахунянца	Янбу
1 – 1 основной блок	2,794	2,638	2,665	1,801	1,757	1,710
1 – 1 нижний блок	1,091	1,026	1,025	0,862	0,799	0,807
1 – 1 верхний блок	2,511	2,375	2,346	1,868	1,776	1,733
2 – 2 основной блок	2,311	2,227	2,205	1,613	1,566	1,540
2 – 2 нижний блок	1,237	1,201	1,195	0,960	0,924	0,926
2 – 2 верхний блок	1,888	1,786	1,738	1,530	1,422	1,393
3 – 3 основной блок	1,915	1,829	1,798	1,423	1,356	1,337
3 – 3 нижний блок	1,562	1,520	1,503	1,158	1,116	1,112
3 – 3 верхний блок	1,637	1,543	1,508	1,334	1,237	1,222

Таблица 6. Результаты расчета коэффициента устойчивости склона в естественном состоянии

Результаты расчетов устойчивости показывают, что склон приуроченный к исследуемому участку не обладает достаточным запасом устойчивости по всем профилям для грунтов в естественном состоянии с учетом их водонасыщения в зонах с активными проявлениями признаков оползневого смещения, а так же в зонах ослабления–предполагаемого формирования поверхности срыва.

Исходя из вышесказанного можно, сделать вывод, что исследуемый склон не является стабильным. Так же, следует учитывать возможность ухудшения оползневой ситуации в результате возможного техногенного воздействия (подрезки склона, замачивание грунтов).

3.9. Сравнительный анализ сейсмической активности участков по результатам исследований

В результате изучения инженерно-геологических условий всех участков, имеем следующее:

№	Город	По методу сейсмической жесткости (по отношению к исходной сейсмичности)	По методу численного моделирования	По картам ОСР	Сейсмичность грунтов
1	Судак	+0,14 до 0,16 балла	7,82 балла (по карте А)	8 баллов (по карте А)	II категория
2	Алушта-Судак-Феодосия	От -0,11 до 0,15 балла	7,30 - 7,58 балла (по карте А) 8,21 - 8,31 балла (по карте В)	7 баллов (по карте А) 8 баллов (по карте В)	II категория
3	Село Павловка	+0,03 балла	8,03 балла (по карте А) 9,03 балла (по карте В)	8 баллов (по карте А) 9 баллов (по карте В)	II категория
4	Севастополь	+0,23 балла	7 баллов (по карте А)	8 баллов (по карте А)	I категория

5	Севастополь	-0,46 балла	7,19 балла (по карте А)	8 баллов (по карте А)	II категория
6	Ялта	-0,7 балла	7,58 -7,76 балла (по карте А)	8 баллов (по карте А)	I категория
7	Ялта	От -0,70 до -0,1 балла.	8,40 балла (по карте А) 8,70 балла (по карте В)	8 баллов (по карте А) 9 баллов (по карте В)	II категория

Таблица 7. Сводная таблица по результатам проведения изучения сейсмичности участков

Отмечаем, что в пределах одного населенного пункта полученные данные геофизических исследований могут значительно варьировать. Так, сопоставив инженерно-геологические условия и рассчитанные балльности можно констатировать, что этому способствует влияние следующих факторов:

– категория сейсмичности грунтов. Наличие мощной толщи верхнеюрских известняков и конгломератов Главной гряды, а также и подстилающих их глин, и сланцев таврической серии, имеющих различные физико-механические свойства, определяет роль литологического фактора. При сейсмических событиях реакция этих пород будет существенно отличаться.

– геоморфологическое строение (особенности рельефа). К группе геоморфологических факторов относятся: наличие крутых и обрывистых склонов, обладающих высокой энергией рельефа; развитие экзогенных процессов, где главным генетическим фактором является гравитация.

– гидрогеологический фактор. Для оценки сейсмической опасности участков учитывалась глубина уровня вод первых от поверхности горизонтов и пространственное распространение обводненных горных пород.

Выводы

В рамках проделанной работы проведен комплексный анализ инженерно-геологических условий южного побережья Крымского полуострова, в частности, семи разных участков строительства с нормальным уровнем ответственности проектируемых сооружений. Получены следующие выводы:

1. Исследуемая территория вдоль береговой линии юго-западного, южного и юго-восточного берегов Крыма расположена в области ядра Крымского мегантиклинория, южная часть которого погружена под дно Черного моря и граничит с соседней тектонической структурой его глубоководной впадины.

Влияние тектонической структуры исследуемой территории на инженерно-геологические условия усиливается характером новейших тектонических движений в пределах Горного Крыма как части зоны альпийского орогенеза. Формирование геодинамических напряжений на границе тектонических структур Крымского мегантиклинория и глубоководной впадины Черного моря обуславливает высокую сейсмичность региона.

Подробно изучена сейсмическая активность региона, результаты этого исследования были применены в сравнительной сводке оценок сейсмичности всех исследованных участков.

Таким образом, на оценку их сейсмичности повлияло несколько факторов:

- геоморфологические условия (высота и уклон склона);
- геологическое строение пород (состав, мощность и их физико-механические свойства);
- глубина залегания грунтовых вод;
- тектонические и неотектонические условия;
- опасные экзогенные геологические процессы (оползневые деформации, обвалы, сели), возникновение которых возможно вследствие изменения интенсивности сейсмических воздействий.

2. При составлении рекомендаций о принятии балльности сейсмичности участка, согласно СП 14.13330.2018, следует выполнять с округлением до целых баллов. Во всех рассмотренных случаях расчетная сейсмичность, полученная в результате проведения комплекса геофизических исследований, не повысила исходной балльности.

3. Соответственно, необходимость в проведении столь подробного, а также, и дополнительного исследования ставится под вопрос, если основание сложено хорошими по сейсмическим свойствам грунтами. Безусловно, изыскания, проводимые в районах со сложными инженерно-геологическими условиями, широким развитием опасных

экзогенных процессов, а также, при проектировании зданий и сооружений повышенного уровня ответственности, должны проводиться в полном размере с соблюдением самых строгих требований. Однако, по мнению автора, для упрощения и снижения себестоимости изысканий, возможно разработать проект следующего ряда исследований:

- Изучение локальной сейсмичности и связи между периодами сейсмической активности с оползнями, селями, обвалами и другими опасными процессами (землетрясения, как причина их возникновения и развития).

- Исследование влияния геолого-структурных, геоморфологических, геодинамических особенностей и процессов на появление и развитие опасных геологических процессов.

- Выполнение региональных исследований: типизация и районирование территории по характеру, взаимодействию и активности опасных геологических процессов:

- картирование и паспортизация опасных геологических процессов;

- составление и картографирование прогнозов опасных геологических процессов.

- Организация локальных сейсмических наблюдений и мониторинга, осуществление прогноза опасных геологических процессов в береговой зоне (оползней, селей, обвалов, и др.) на основе оперативной геологической, климатической, гидрологической, и сейсмической информации.

Результаты исследований, выполненных с необходимой детальностью на полигонных участках, возможно экстраполировать их на остальную территорию с постепенным укрупнением масштаба изучения.

Список литературы

1. РСН 60-86. Республиканские строительные нормы. Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Нормы производства работ. М.: МосЦТИСИЗ Госстроя РСФСР, 1986, 32 с.
2. РСН 65-87. Республиканские строительные нормы. Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Технические требования к производству работ. М.: МосЦТИСИЗ Госстроя РСФСР, 1986, 17 с.
3. РСН 65-87. Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое районирование. Технические требования к производству работ. Госстрой РСФСР, М.: МосЦТИСИЗ Госстроя РСФСР, 1987, 26 с.
4. РСН 66-87. Республиканские строительные нормы. Технические требования к производству геофизических работ. Сейсморазведка. М.: МосЦТИСИЗ Госстроя РСФСР, 1987, 54 с.
5. СП 14.13330.2014 Строительство в сейсмических районах.
6. СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах.
7. СП 47.13330.2016. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.
8. Апостолов Л. Г. Экологические и природоохранные аспекты изучения горного Крыма. — Симферополь: СГУ, 1985.
9. Архипов И.В. Кимеридж-титонский флиш Горного Крыма и условия его образования // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. № 6., 1958.- с. 20-30.
10. Бабенко Г.А., Промышленность Крыма: проблемы и пути решения: монография. Симферополь: Таврия, 2001.-170 с.
11. Барг И.М., Иванова Т.А. Стратиграфия и геологическое развитие равнинного Крыма в миоцене // Стратиграфия. Геологическая корреляция. Т. 8. № 3., 2000.- с. 83-93.
12. Бобылев В.В. Стратиграфия среднеюрских отложений и тектоника южного крыла Качинского антиклинория (Крым) // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. № 1., 1960.- с. 28-36.
13. Борисенко Л.С. Разрывные нарушения Горного Крыма // Геологический журнал. Т. 43. № 2., 1983.- с. 126-129.
14. Бызова С.Л. Некоторые вопросы тектоники Горного Крыма // Вестник МГУ. Сер. 4. Геол. № 6., 1980.- с. 15-25.
15. Ведь И.П. Климатический атлас Крыма. — Симферополь: Таврия- Плюс, 2000г.

16. Гидрогеология СССР. Т.VIII. Крым. (ред. В.Г. Ткачук). М., "Недра", 1970.- 364 с.
17. Горн Н.К. О геоморфологии Горного Крыма // Вестник Ленинградского университета, №11., 1948.- с. 36-45.
18. Гречищев В.А. Строение плиоцен-четвертичных отложений северо-западного шельфа Черного моря // Бюлл. МОИП. Отд. геологии. Т. 64. Вып. 5., 1989.- с. 119-122.
19. Гусев А.А., Шуმიлина Л.С. Моделирование связи — балл-магнитуда-расстояние на основе представления о некогерентном протяженном очаге. // Вулканология и сейсмология, 1999, № 4-5, с. 29-40.
20. Ена А.В. Опасные гравитационные процессы в Горном Крыму. «Проблемы экологии и рекреации Азово-Черноморского региона» (м-лы Межд.конф.). –Симферополь: СГУ, 1996. -с.19-21.
21. Иваник М.М., Жабина Н.Н., Анিকেева Е.В. Особенности строения титон-берриасских отложений Юго-Восточного Крыма (район мыса св. Ильи) // Геологический журнал. №4, 2013.- с.33-45.
22. Климат и опасные гидрометеорологические явления Крыма / Под ред. К. Г. Логвинова и М. Е. Барабаш. - Л.: Гидрометеиздат, 1982. - 318 с.
23. Краснов Е.В. Новые данные по стратиграфии верхнеюрских отложений Горного Крыма // Советская геология, № 11, 1963, с.127-128.
24. Кудрик И. Основы развития региона. (Экологические последствия развития Керченского полуострова) // Крымские известия, 11.06 2008.
25. Моисеев А.С. Гидрогеологический очерк Главной гряды Крымских гор // Тр. ВГРО, Вып. 30. Геолгиздат, М.-Л., 1931. - с.28.
26. Моисеев А.С. К стратиграфии верхнеюрских отложений юго-западного Крыма // Изв. Геол. Ком. Т. 45. № 7., 1926.- с. 761-771.
27. Муратов М.В. Основы стратиграфии четвертичных отложений Горного Крыма / В кн.: Материалы совещания по изучению четвертичного периода. Т. 11., 1961.- с. 351-357.
28. Муратов М.В. О стратиграфии триасовых и нижнеюрских отложений Крыма // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. № 11., 1959.- с. 31-41.
29. Носовский М.Ф. Майкопские отложения зоны сочленения Равнинного Крыма и Керченского полуострова // Геологический журнал. № 6., 1993.- с. 88-96.
30. Попов И.И. Землетрясения в Крыму и прилегающих к нему частях Черного моря.: Геология СССР, т.VIII, Крым. –М.: Недра, 1969.–С.447-459.

31. Симонов Д.А., Захаров В.С., Брянцева Г.В. Комплексный структурно-геоморфологический, структурно-морфологический и фрактальный анализ вертикальных новейших движений Керченского полуострова // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. № 5., 2019.-с. 19-29.
32. Тимченко З.В. Водные ресурсы и экологическое состояние малых рек Крыма. - Симферополь: Доля, 2002.- 152 с.
33. Уломов В.И., Шумилина Л.С. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97. Масштаб 1:8000000. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах. М.: ОИФЗ, 1999. с.57.
34. Филатов О.М. Морфология и условия развития структурных форм в юго-восточном Крыму // Сов. геология, № 2., 1961.- с. 92-107.
35. URL: Google Maps. Retrieved from Google: <https://www.google.ru/maps>
36. URL: USGS Служба геологической съемки США: <http://mapping.usgs.gov>
37. Давыдов О.В. Технический отчет по результатам инженерно-геофизических исследований (сейсмическое микрорайонирование). Строительство пожарного депо в с. Павловка на 4 пожарных выезда. ООО «СТРОЙПРОЕКТ», Симферополь, 2018.
38. Степанов А.П. Технический отчет по результатам инженерно-геофизических исследований (сейсмическое микрорайонирование). Строительство многофункционального многоэтажного жилого дома по ул. Яблонева 7В, в г. Судак. ООО «Горизонт-2», Грозный, 2018.
39. Сизов К.С. Технический отчет по результатам инженерно-геофизических исследований (сейсмическое микрорайонирование). Реконструкция с надстройкой второго этажа здания с нежилыми помещениями ТФОМС Республики Крым, расположенного по адресу: Республика Крым, г. Ялта, ул. Красноармейская, д. 8, литер «В». ООО «ГеоМир-82», Симферополь, 2018.
40. Сенатос П.Ю., Паславская С.А. Технический отчет по результатам инженерно-геофизических исследований (сейсмическое микрорайонирование). Капитальный ремонт автомобильной дороги 35 ОП РЗ 35К-005 Алушта-Судак-Феодосия на участке: км 6б (устройство противокампнепадных защитных сооружений). ООО «Крыминженергеология», Симферополь, 2018.
41. Чефонов А.Л., Романов Ю.А. Технический отчет по результатам инженерно-геофизических исследований (сейсмическое микрорайонирование). Строительство типового административно-лабораторного корпуса ГБУЗС «Севастопольское городское

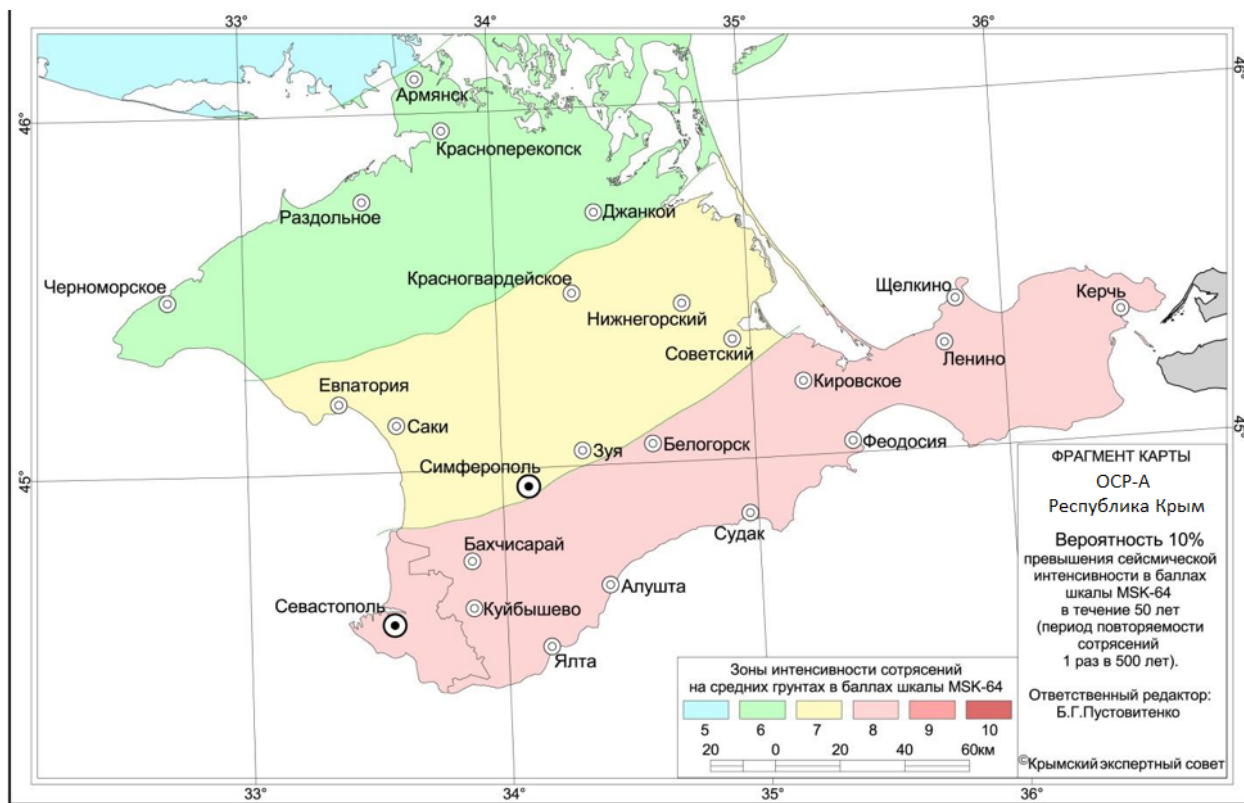
бюро судебно-медицинской экспертизы», Фиолентовское шоссе. ООО «НПП «КрымСпецГеология», Симферополь, 2018.

42. Шаповалов Р. Э., Челюсткаина А.И. Технический отчет по результатам инженерно-геофизических исследований (сейсмическое микрорайонирование). Генеральный план развития территории СКК «МРИЯ». Территория вертолетного ангара и вертолетной площадки. ООО «ЭКОСТАНДАРТ «Технические решения», СПб, 2019.

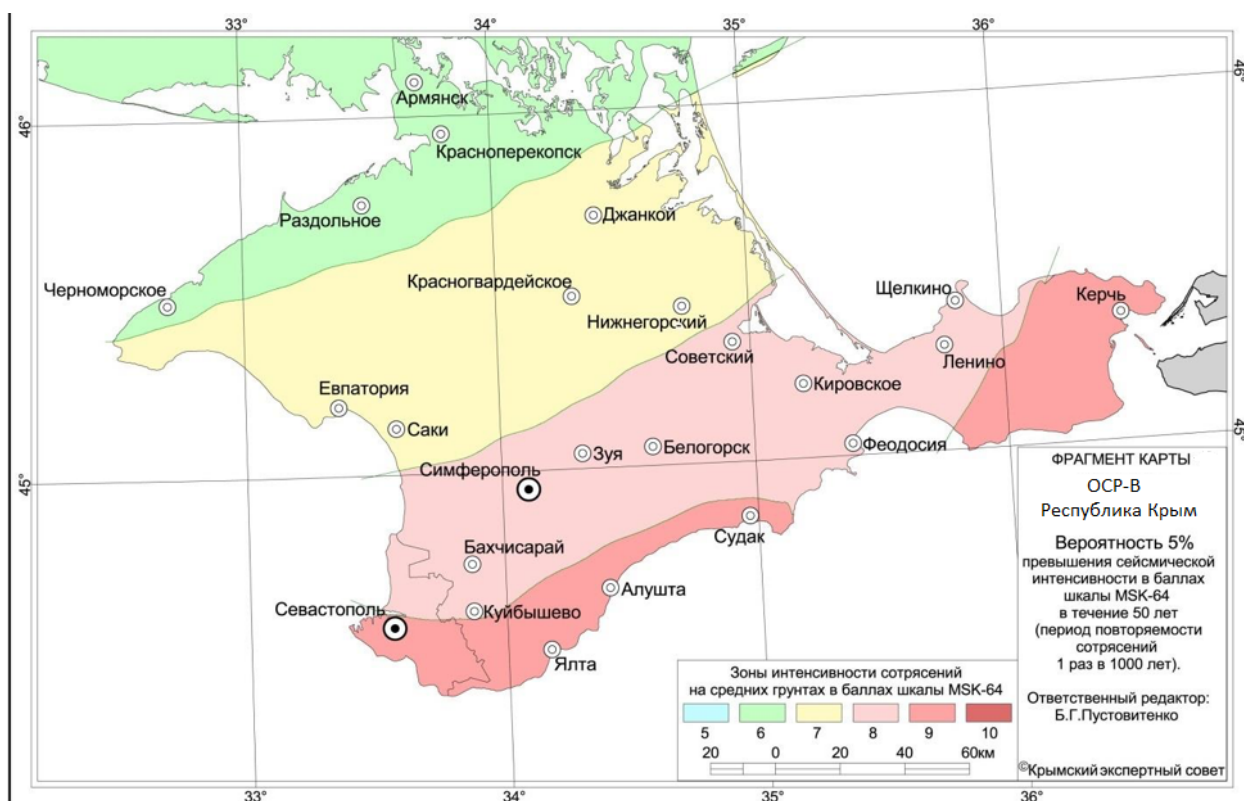
43. Шаповалов Р. Э., Челюсткаина А.И. Технический отчет по результатам инженерно-геофизических исследований (сейсмическое микрорайонирование). Генеральный план развития территории СКК «МРИЯ». Территория энергоцентра, МФК, паркинга и Welcome-center. ООО «ЭКОСТАНДАРТ «Технические решения», СПб, 2019

Приложения

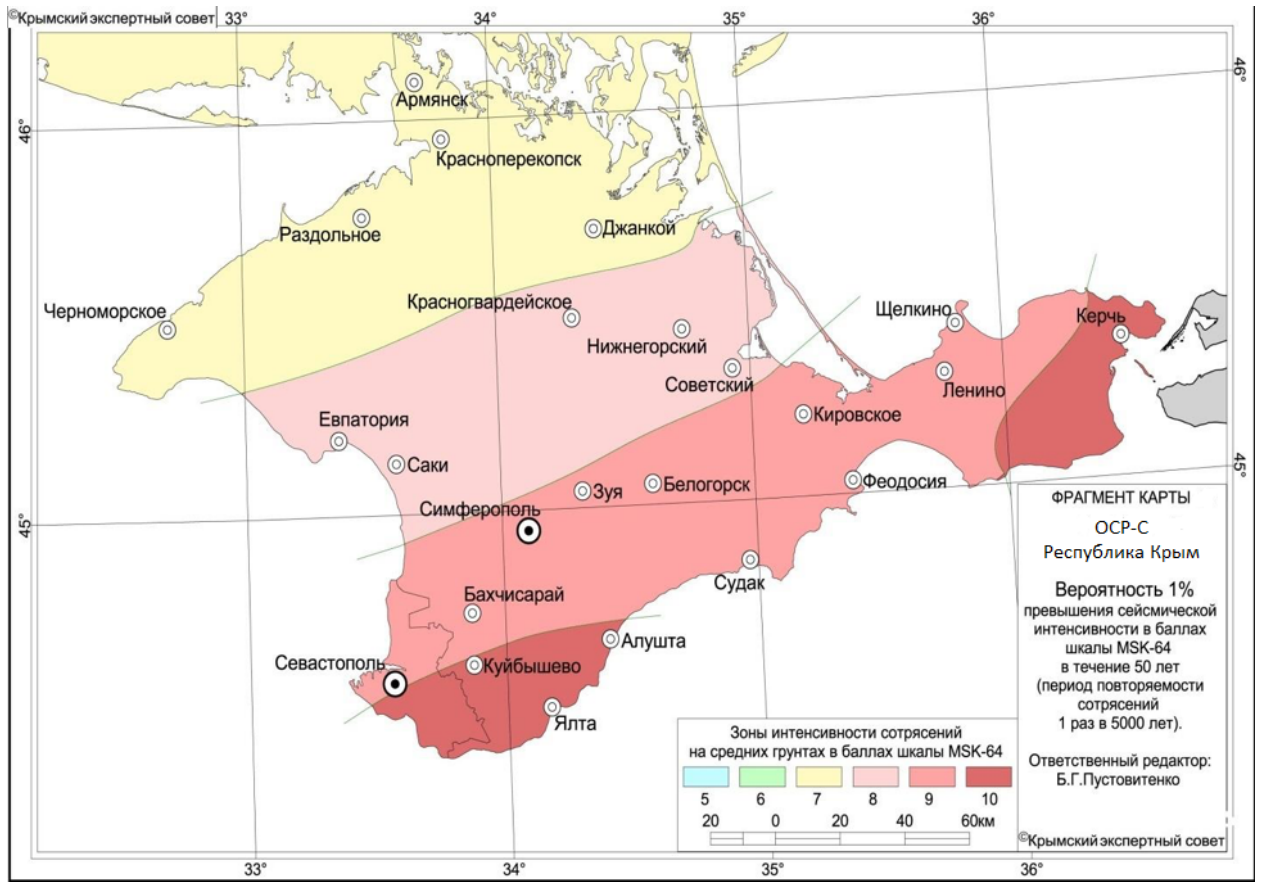
Приложение 1. Карта ОСР-А Республики Крым



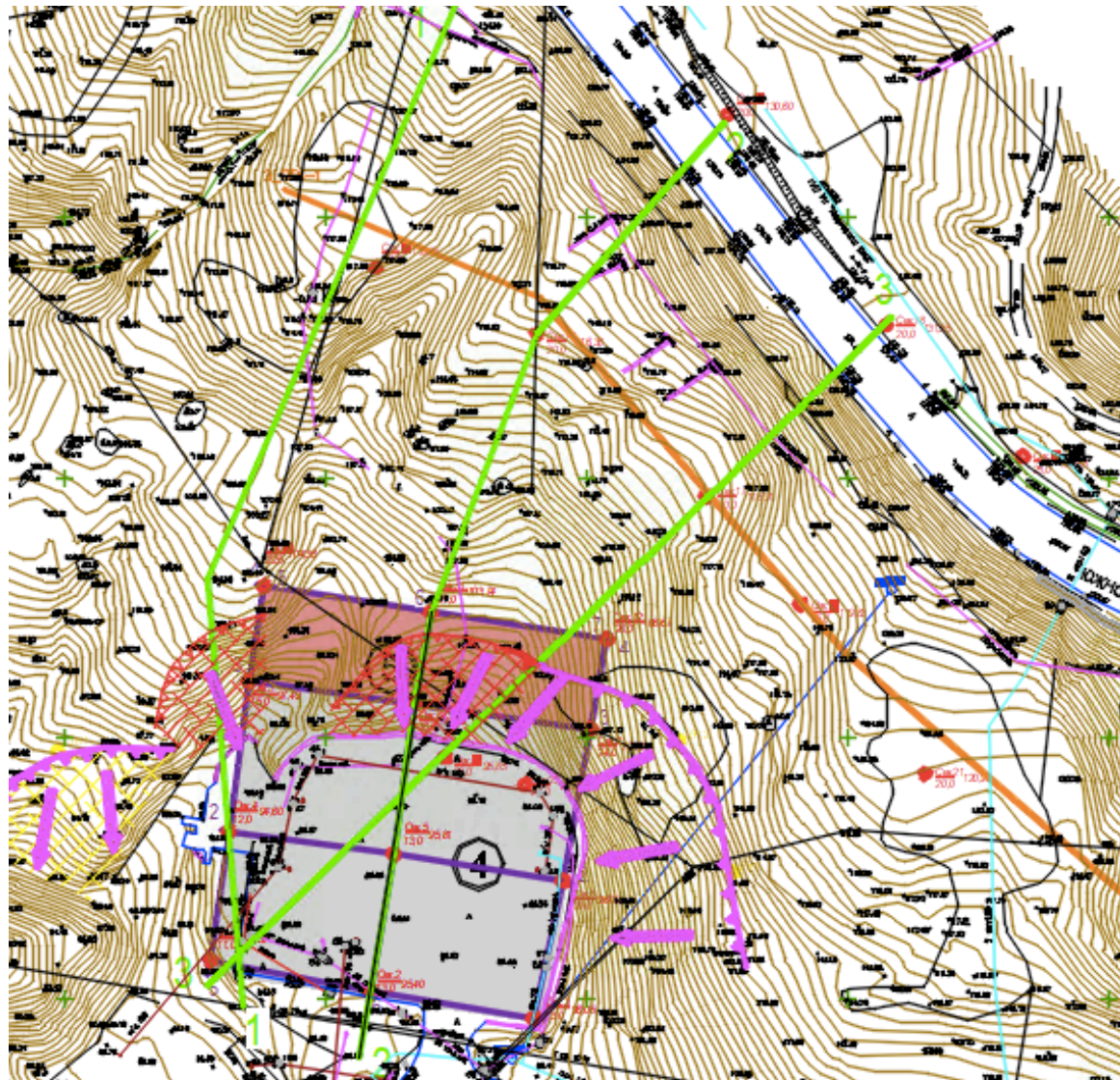
Приложение 2. Карта ОСР-В Республики Крым



Приложение 3. Карта ОСР-С Республики Крым















Приложение 4. Карта фактического материала участка №7



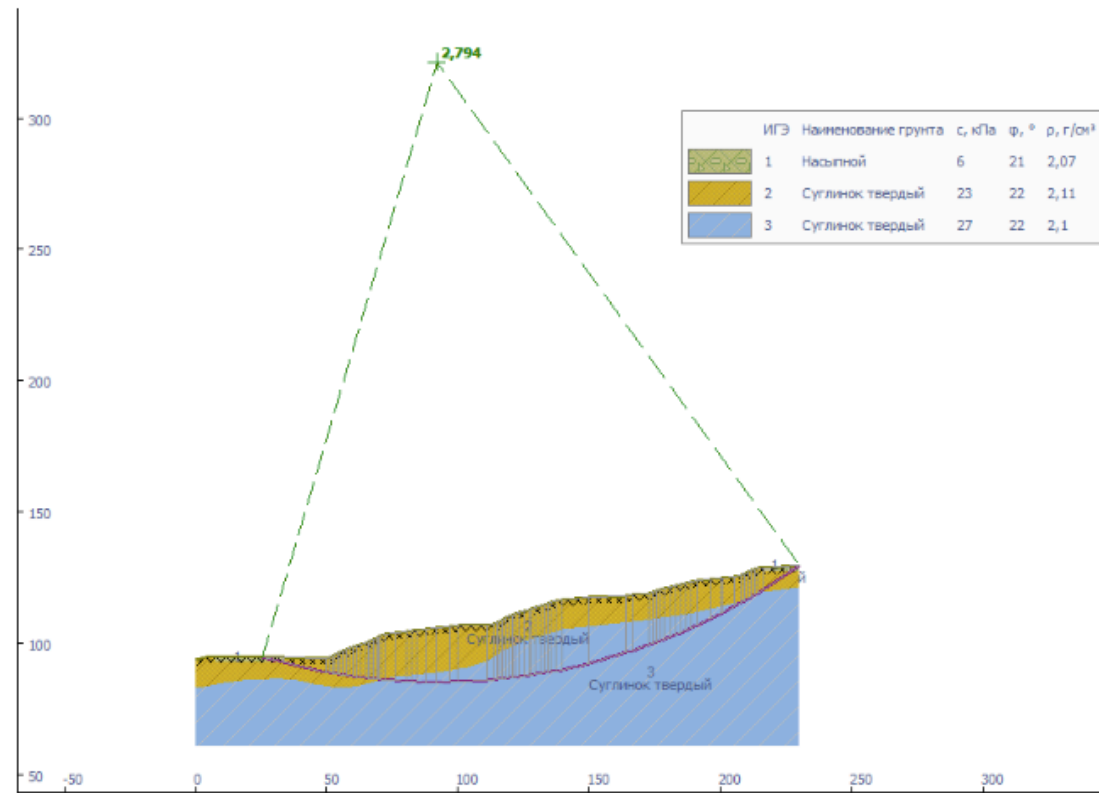
Масштаб 1:500

Условные обозначения:

-  - проектируемые здания общественные
-  - линия инженерно-геологического разреза и ее номер
-  - линия профиля расчета устойчивости склона и ее номер
-  - точка наблюдения и ее номер
-  - скважина ее номер, глубина и абсолютная отметка
-  - Электротомография
-  - Сейсмотомография
-  - Зона активных оползневых процессов
-  - Выявленные трещины срыва
-  - Направления оползневых смещений
-  - Граница зоны ослабления - предполагаемого формирования поверхности срыва
-  - Предполагаемая зона ослабления

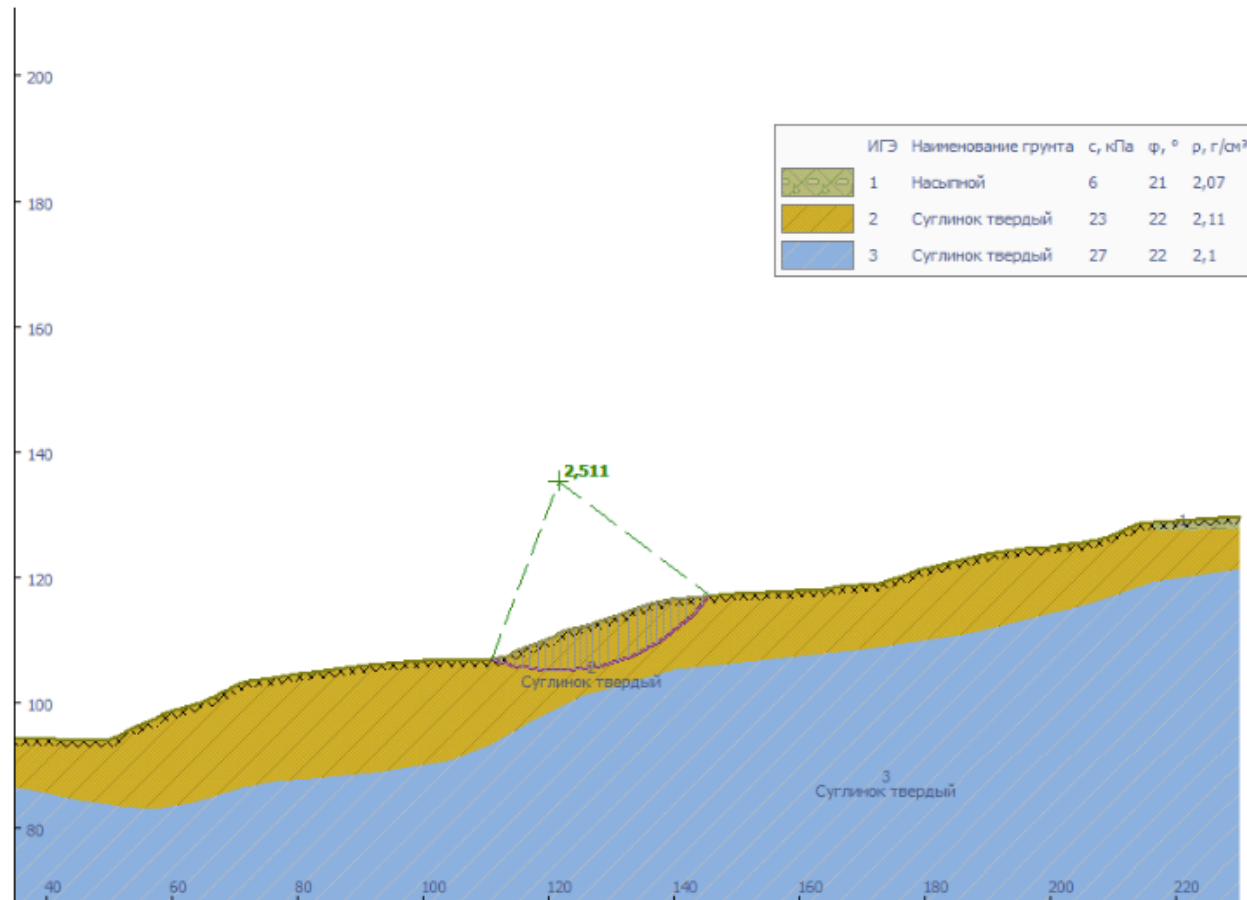
Приложение 5. Расчет устойчивости склонов участка №7 на основное сочетание нагрузок

Инженерно-геологический разрез по линии 1-1. Расчет основного блока.



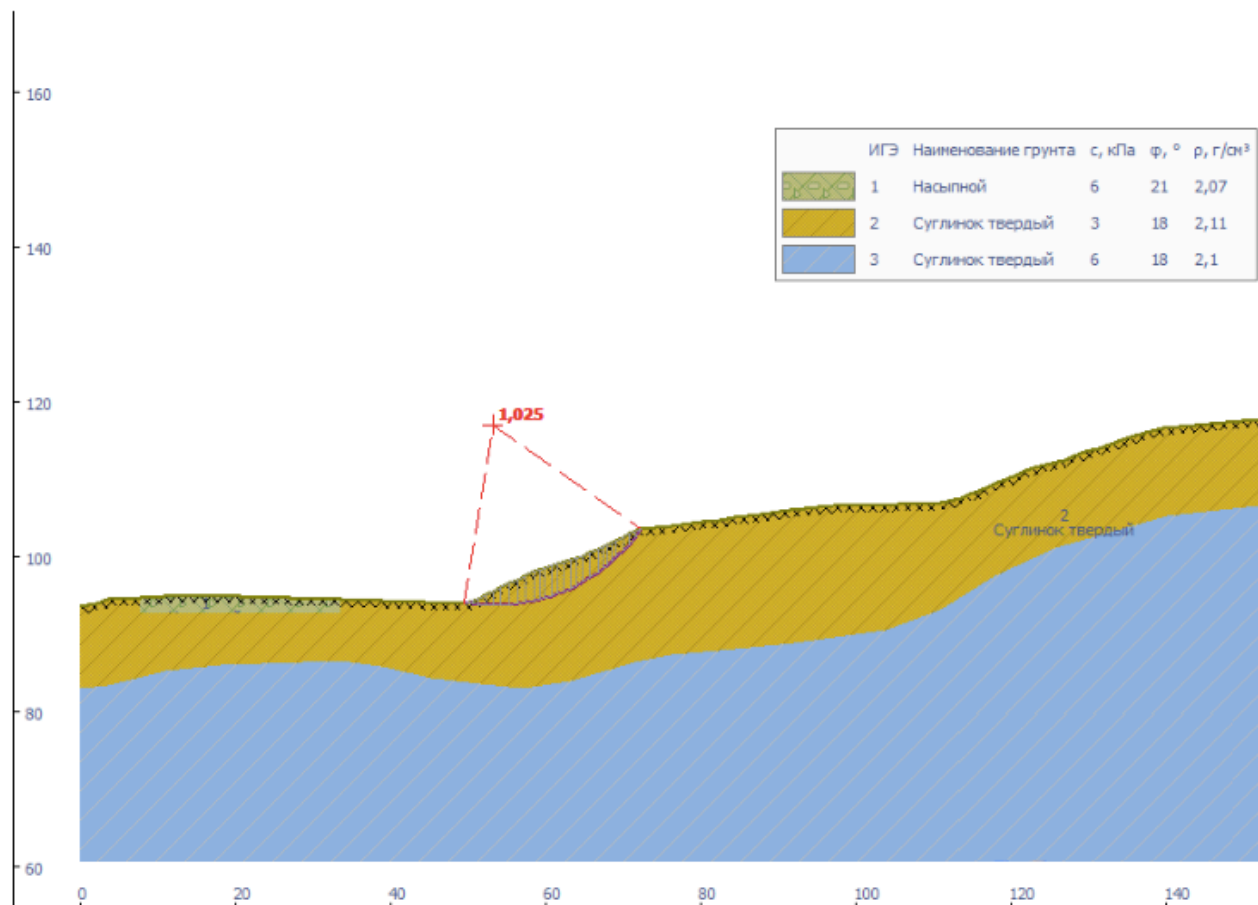
Вариант расчета	Метод	Моргенштерн-Прайс	Шахунянца	Ямбу
Потенциально оползнеопасный склон. Дополнительное водонасыщение грунтов ненарушенной структуры		2,794	2,638	2,665

Инженерно-геологический разрез по линии 1-1. Расчет верхнего блока.



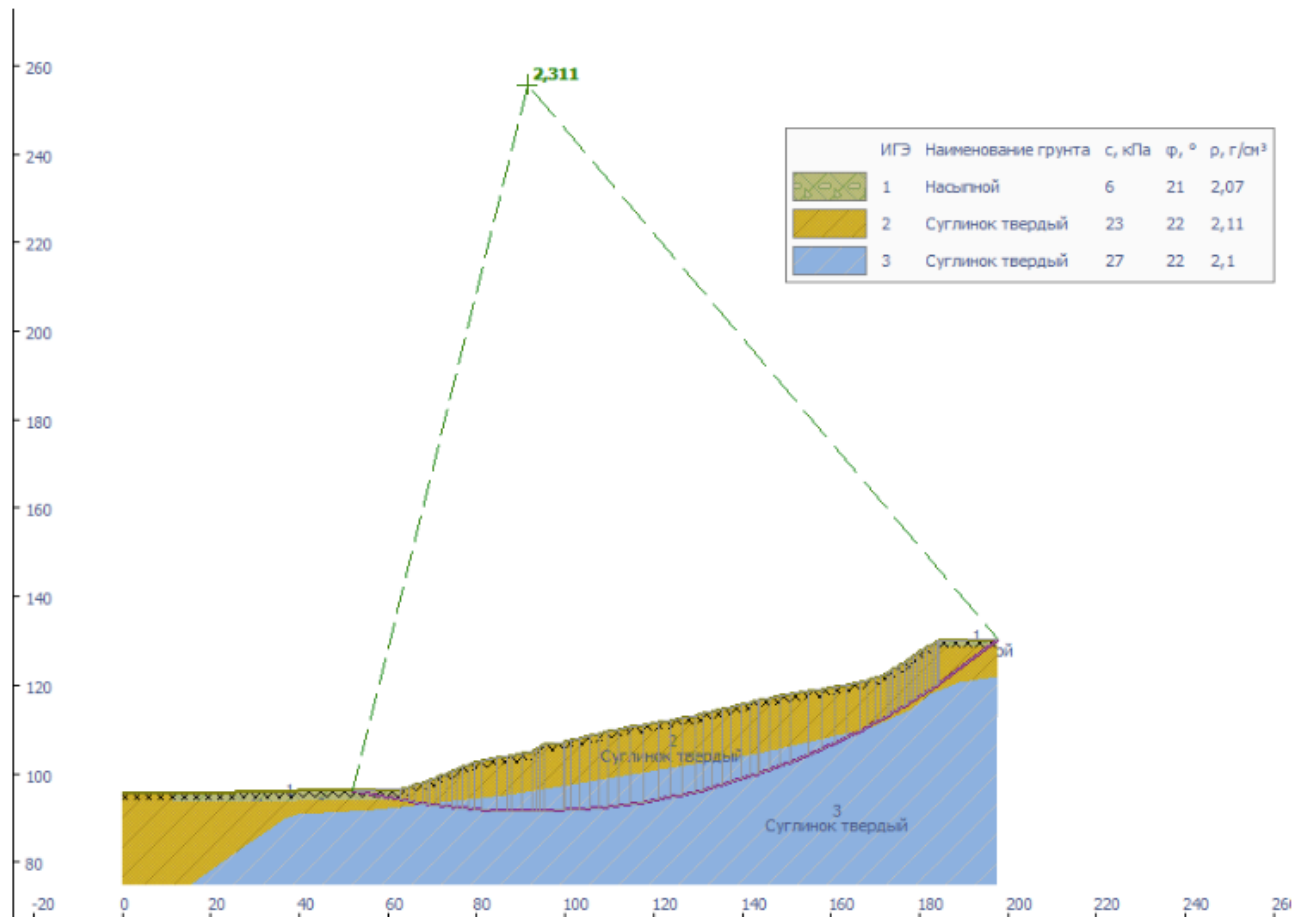
Вариант расчета	Метод	Моргенштерн-Прайс	Шахунянца	Ямбу
Потенциально оползнеопасный склон. Дополнительное водонасыщение грунтов ненарушенной структуры		2,511	2,375	2,346

Инженерно-геологический разрез по линии 1-1. Расчет нижнего блока.



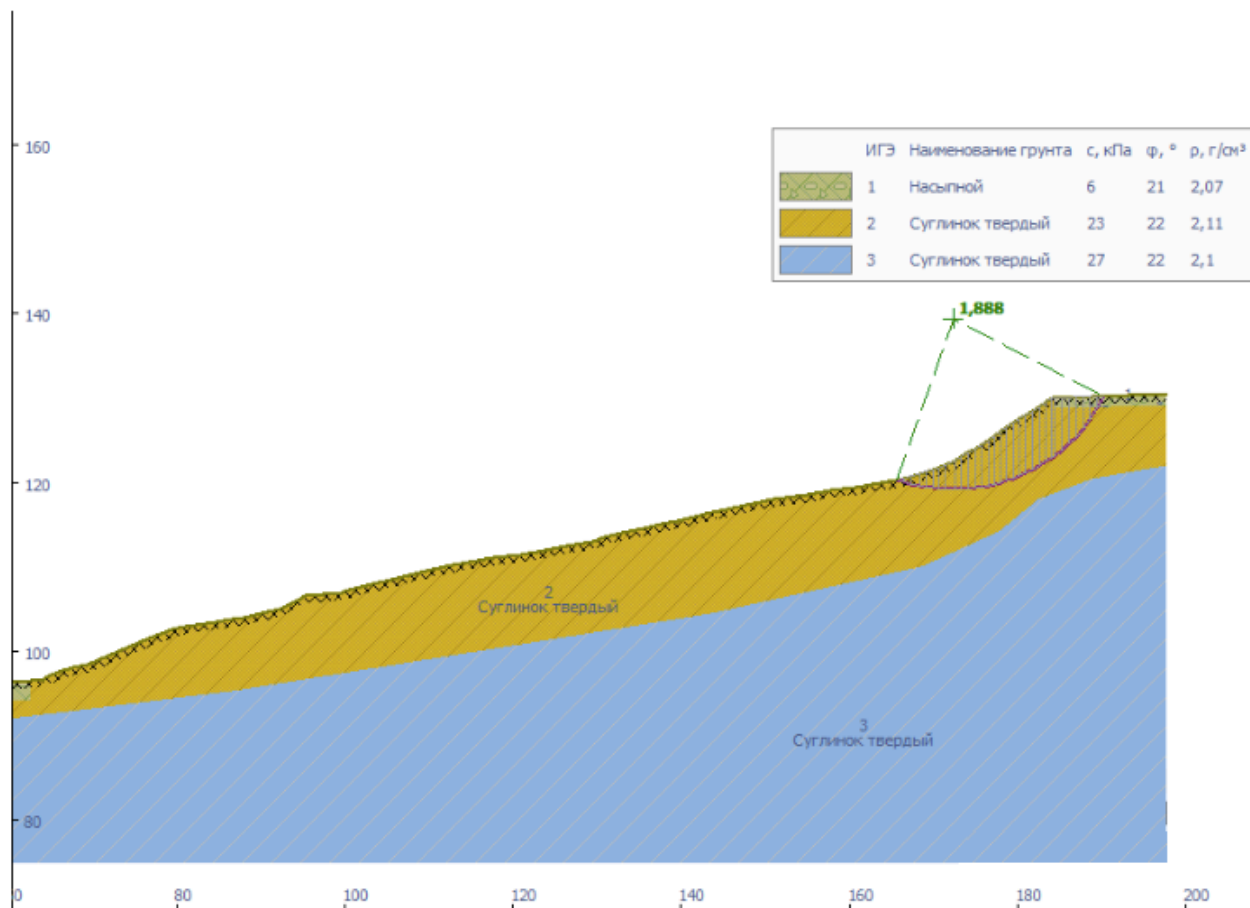
Вариант расчета	Метод	Моргенштерн-Прайс	Шахунянца	Янбу
Оползневой участок склона. Дополнительное увлажнение грунтов по сформированной поверхности скольжения.		1,091	1,026	1,025

Инженерно-геологический разрез по линии 2-2. Расчет основного блока.



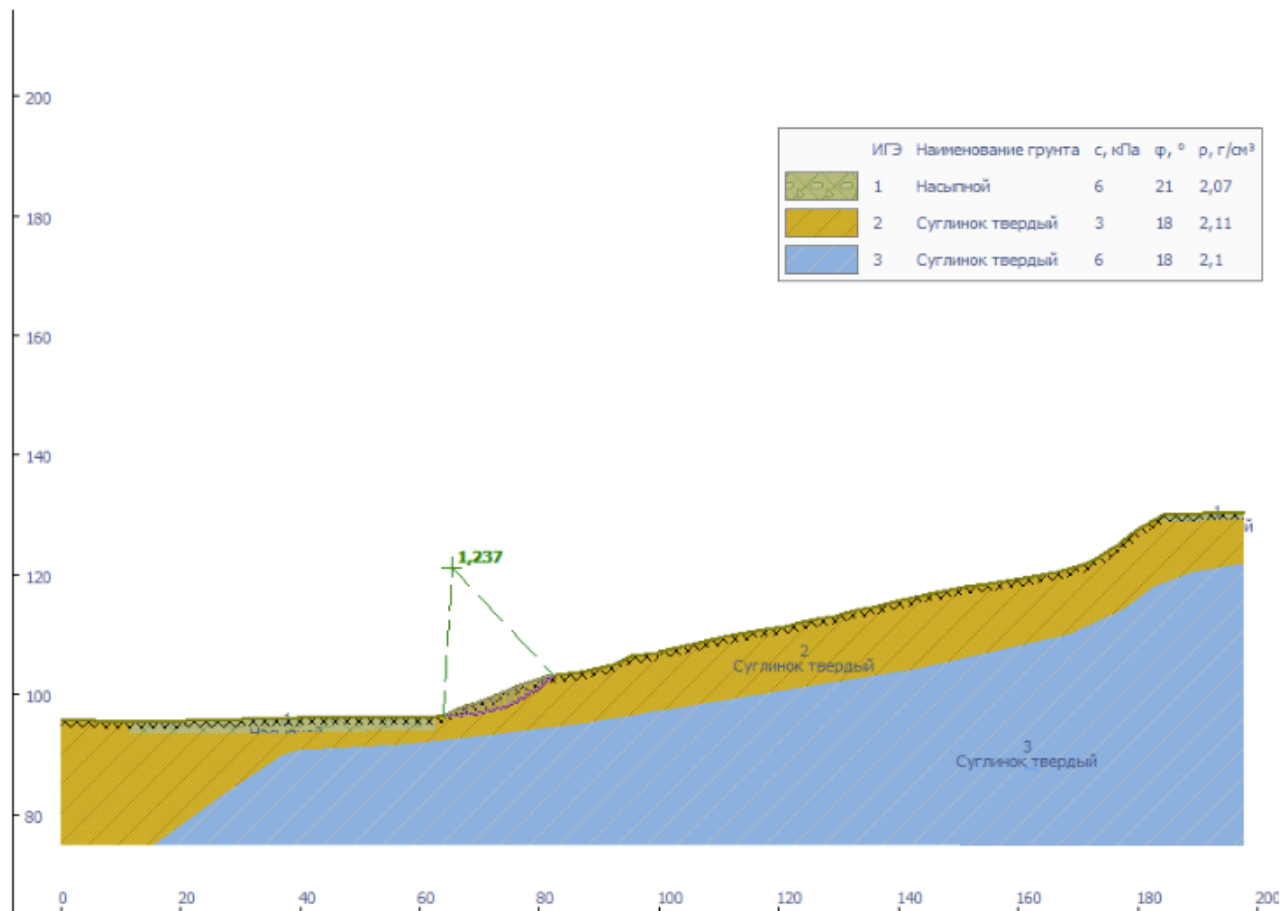
Вариант расчета	Метод		
	Моргенштерн-Прайс	Шахунянца	Янбу
Потенциально оползнеопасный склон. Дополнительное водонасыщение грунтов ненарушенной структуры	2,311	2,227	2,205

Инженерно-геологический разрез по линии 2-2. Расчет верхнего блока.



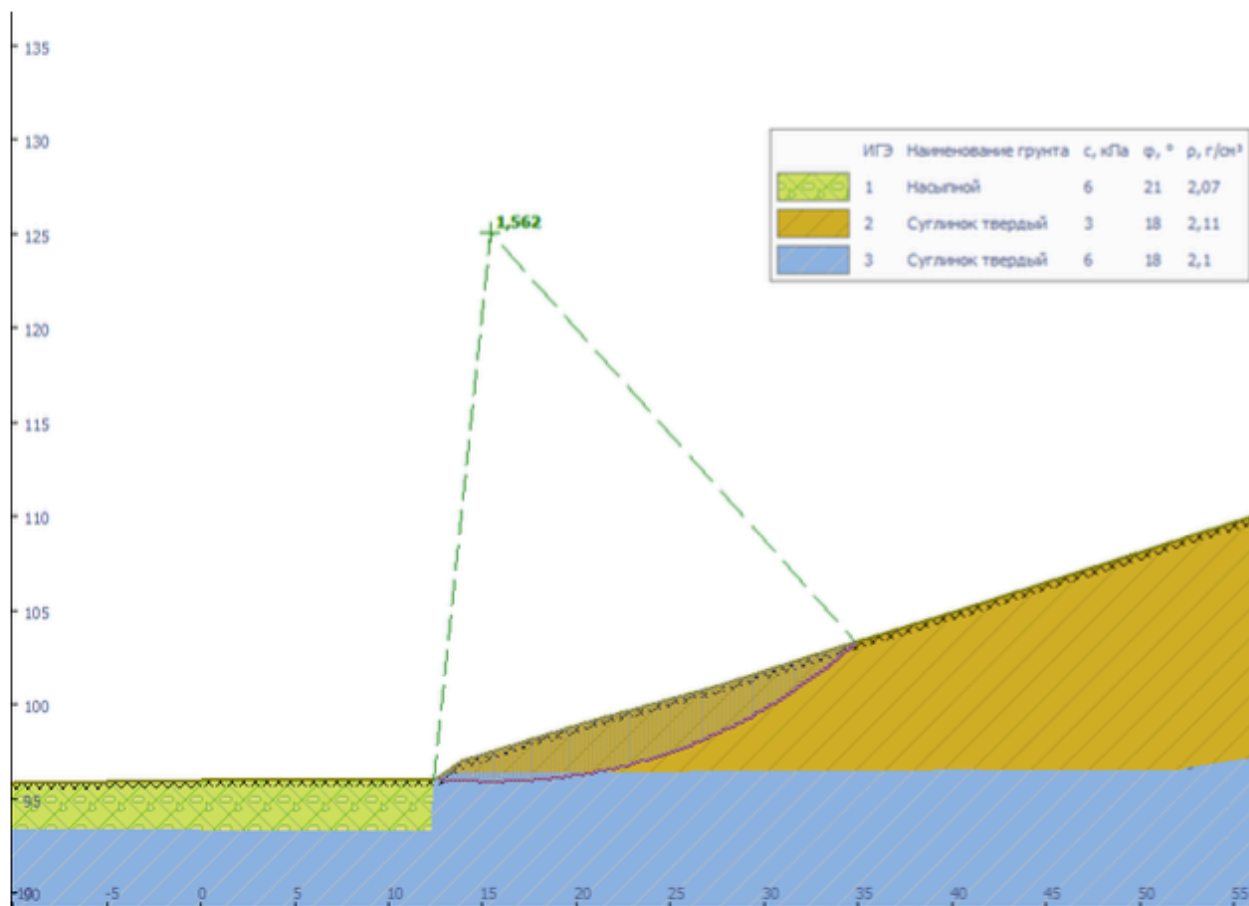
Вариант расчета	Метод	Моргенштерн-Прайс	Шахуняца	Янбу
Потенциально <u>оползнеопасный</u> склон. Дополнительное водонасыщение грунтов ненарушенной структуры		1,888	1,786	1,738

Инженерно-геологический разрез по линии 2-2. Расчет нижнего блока.



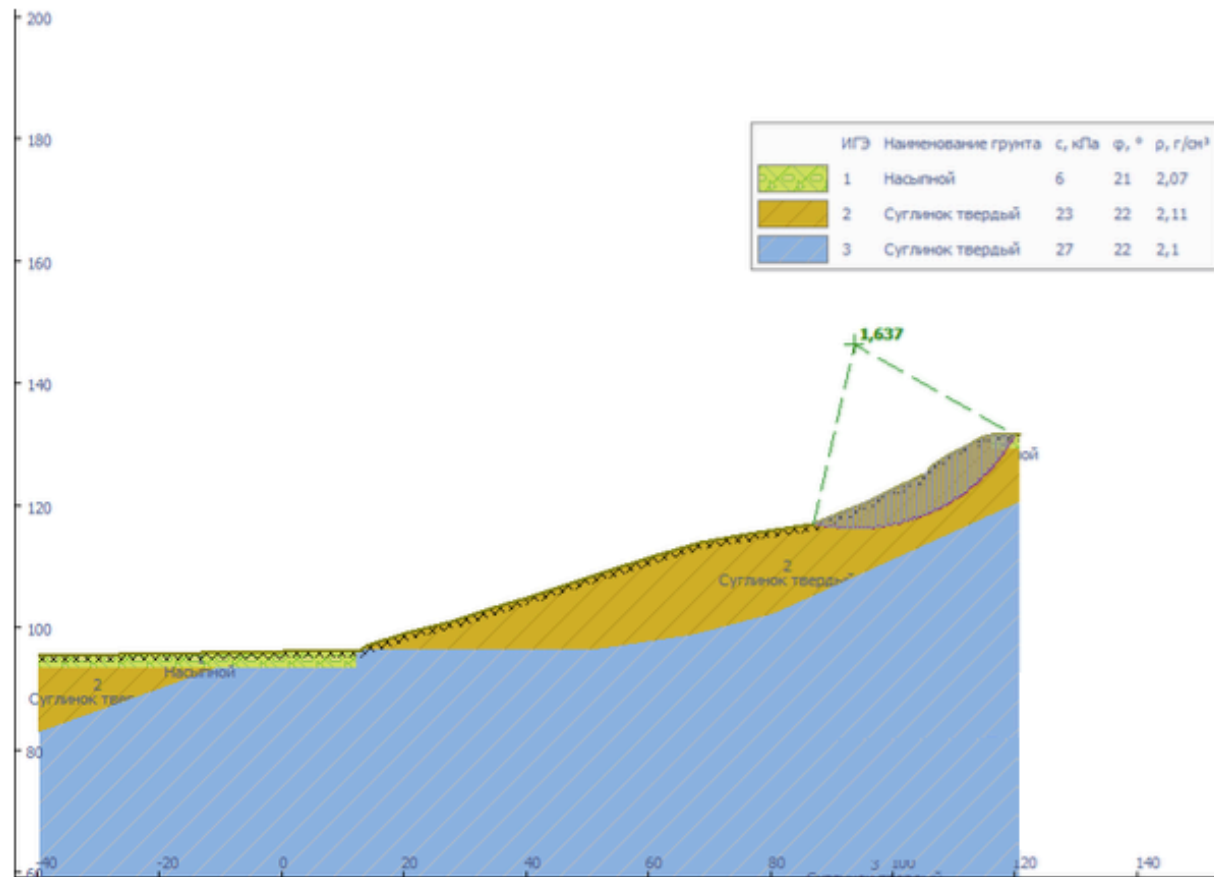
Вариант расчета	Метод	Моргенштерн-Прайс	Шахунянца	Янбу
Оползневой участок склона. Дополнительное увлажнение грунтов по сформированной поверхности скольжения.		1,237	1,201	1,195

Инженерно-геологический разрез по линии 3-3. Расчет нижнего блока.



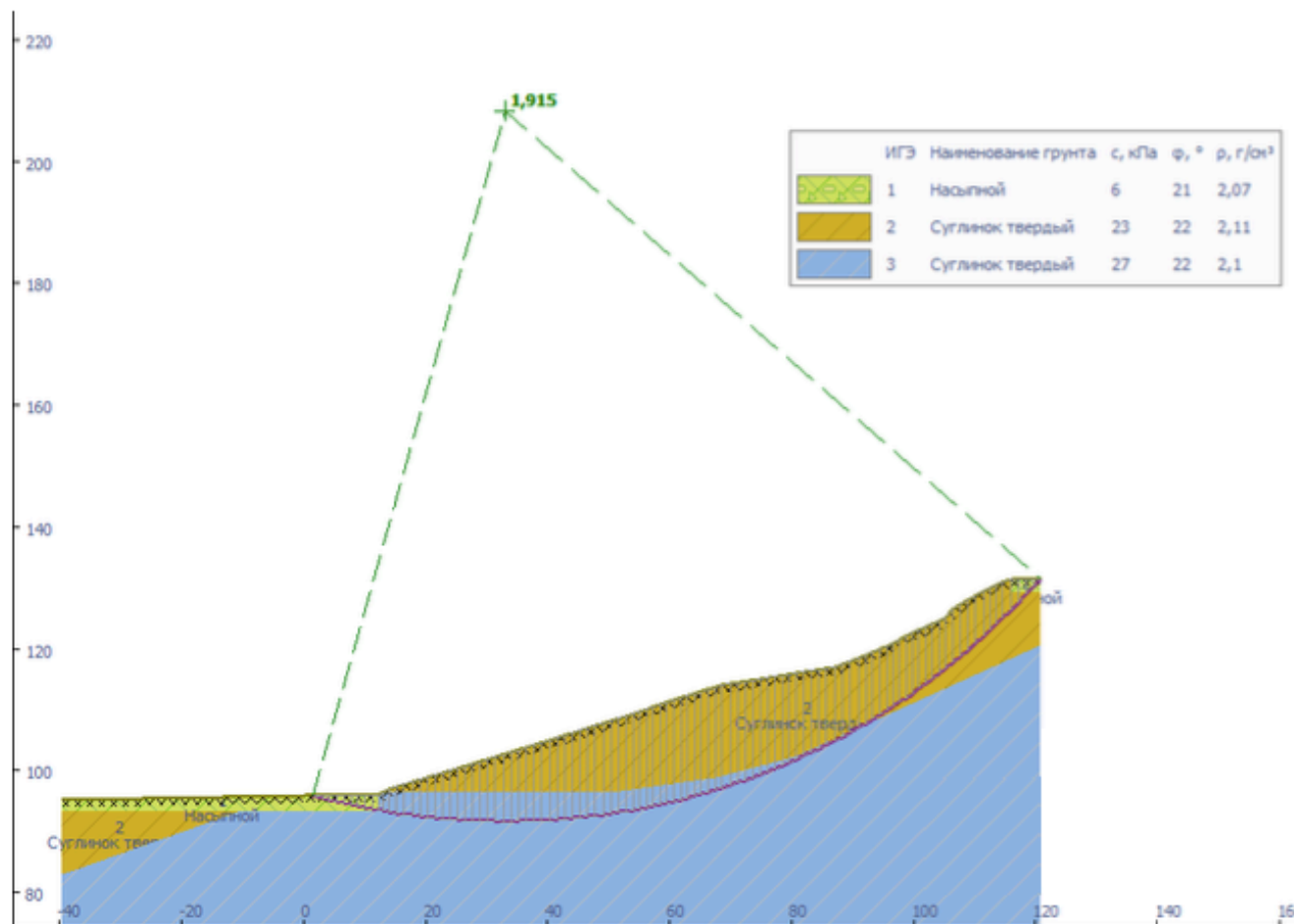
Вариант расчета	Метод	Моргенштерн-Прайс	Шахуняца	Ямбу
		Оползневой участок склона. Дополнительное увлажнение грунтов по сформированной поверхности скольжения.	1,562	1,520

Инженерно-геологический разрез по линии 3-3. Расчет верхнего блока.



Вариант расчета	Метод	Моргенштерн-Прайс	Шахуняца	Ямбу
Потенциально <u>оползнеопасный</u> склон. Дополнительное водонасыщение грунтов ненарушенной структуры		1,637	1,543	1,508

Инженерно-геологический разрез по линии 3-3. Расчет основного блока.

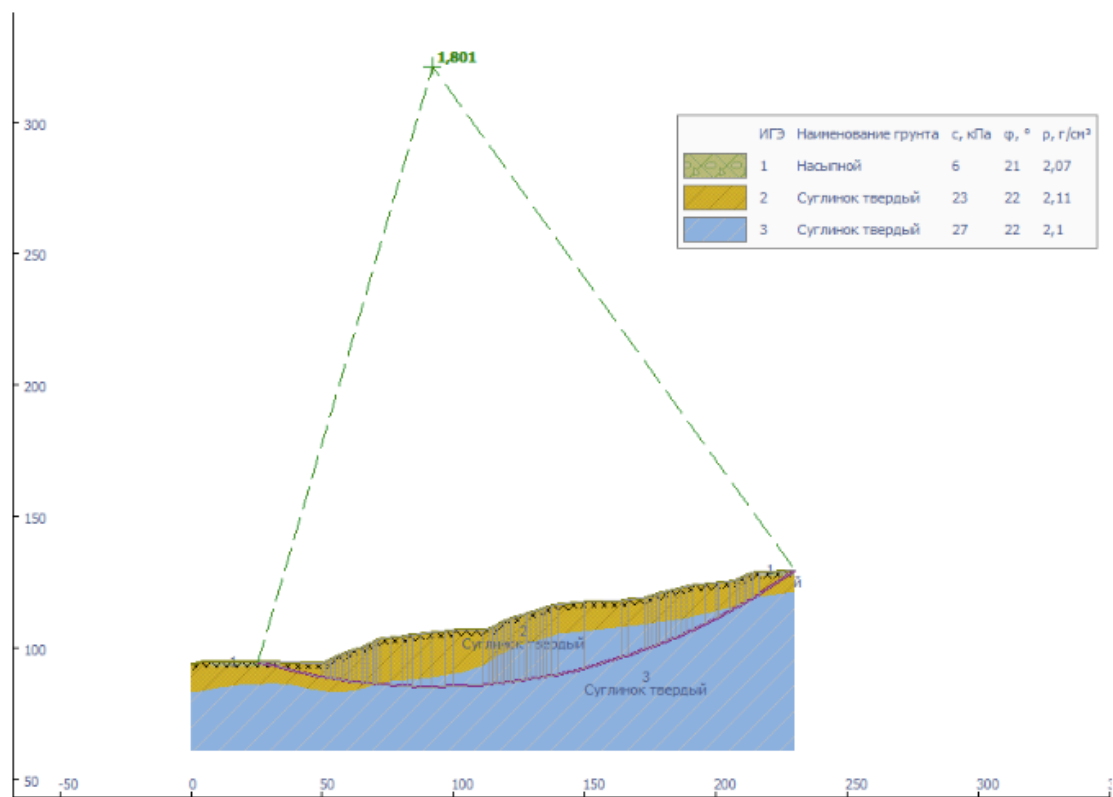


Вариант расчета	Метод	Моргенштерн-Прайс	Шахунянца	Янбу
		1,915	1,829	1,798

Потенциально оползнеопасный склон. Дополнительное водонасыщение грунтов ненарушенной структуры

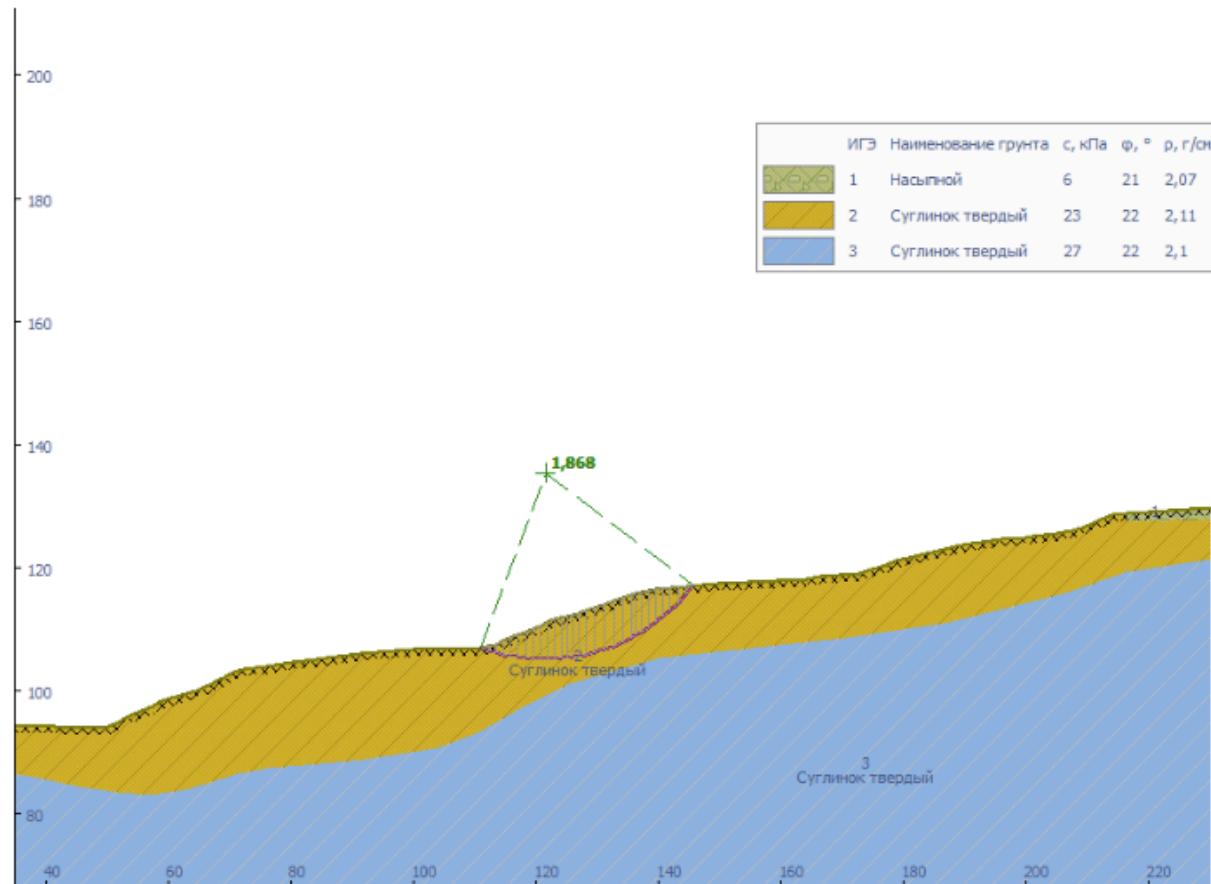
Приложение 6. Расчет устойчивости склонов участка №7 на особое сочетание нагрузок (сейсмичность 9 баллов)

Инженерно-геологический разрез по линии 1-1. Прогноз устойчивости с учетом сейсмического воздействия. Основной блок.



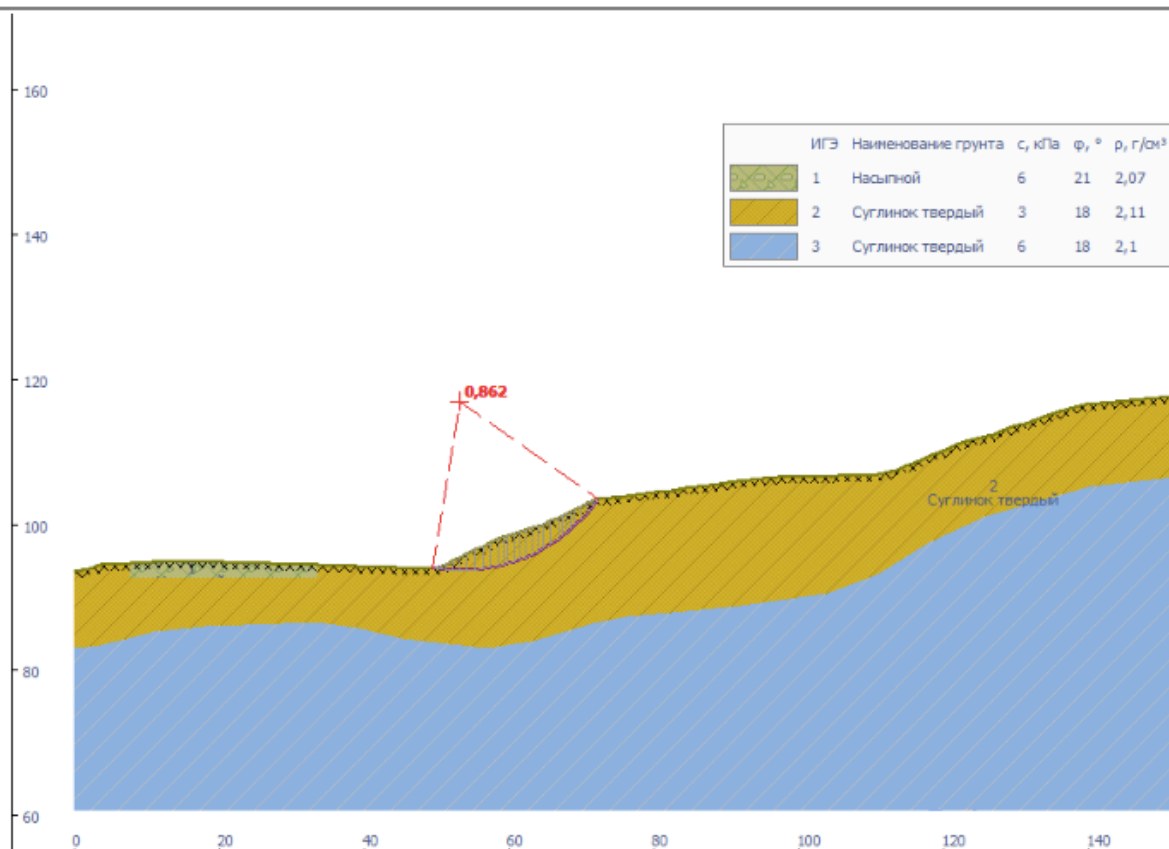
Вариант расчета	Метод	Моргенштерн-Прайс	Шахунянца	Янбу
Потенциально <u>оползнеопасный</u> склон. Дополнительное водонасыщение грунтов ненарушенной структуры. Сейсмическое воздействие 9 баллов		1,801	1,757	1,710

Инженерно-геологический разрез по линии 1-1. Прогноз устойчивости с учетом сейсмического воздействия. Верхний блок.



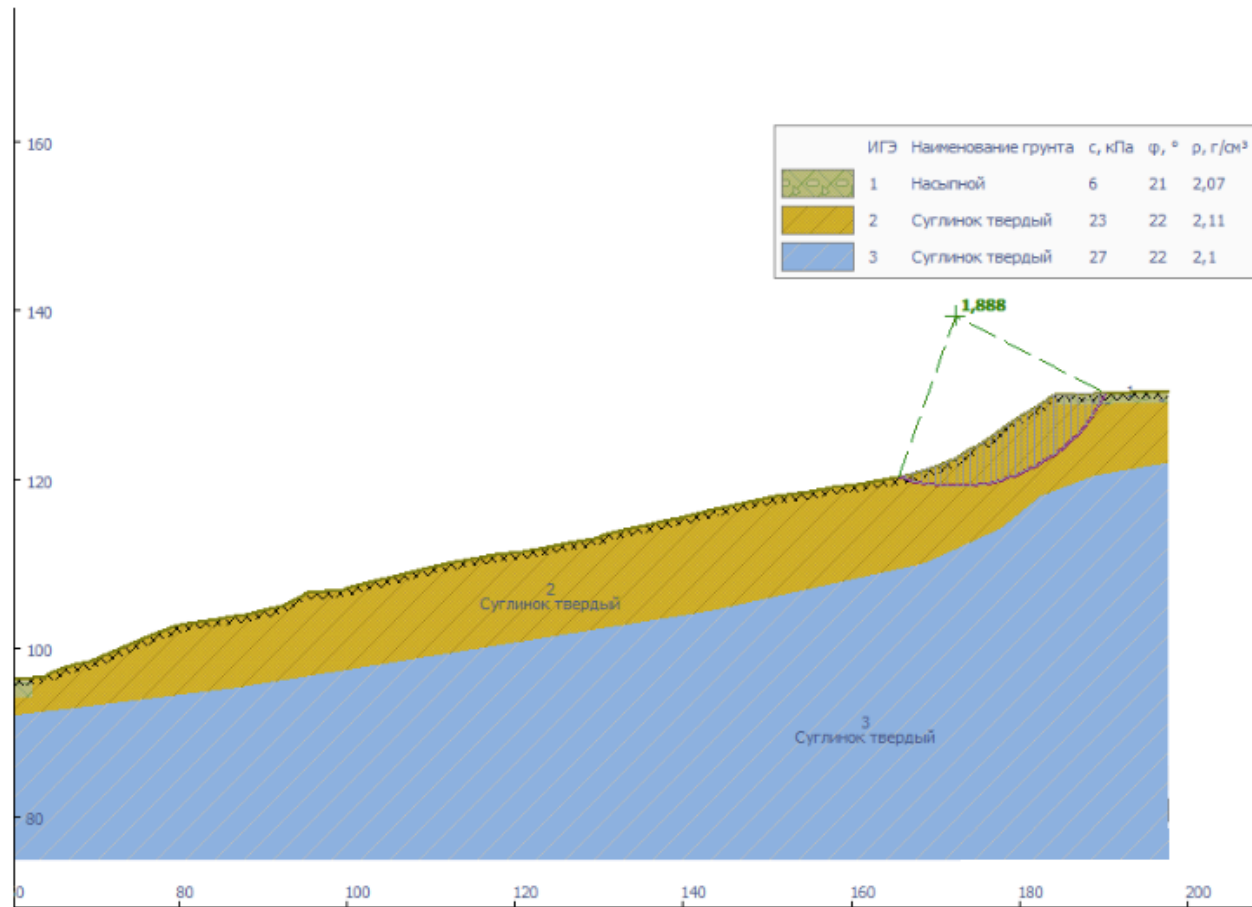
Вариант расчета	Метод		
	Моргенштерн-Прайс	Шахуняца	Янбу
Потенциально <u>оползнеопасный</u> склон. Дополнительное водонасыщение грунтов ненарушенной структуры. Сейсмическое воздействие 9 баллов	1,868	1,776	1,733

Инженерно-геологический разрез по линии 1-1. Прогноз устойчивости с учетом сейсмического воздействия. Нижний блок.



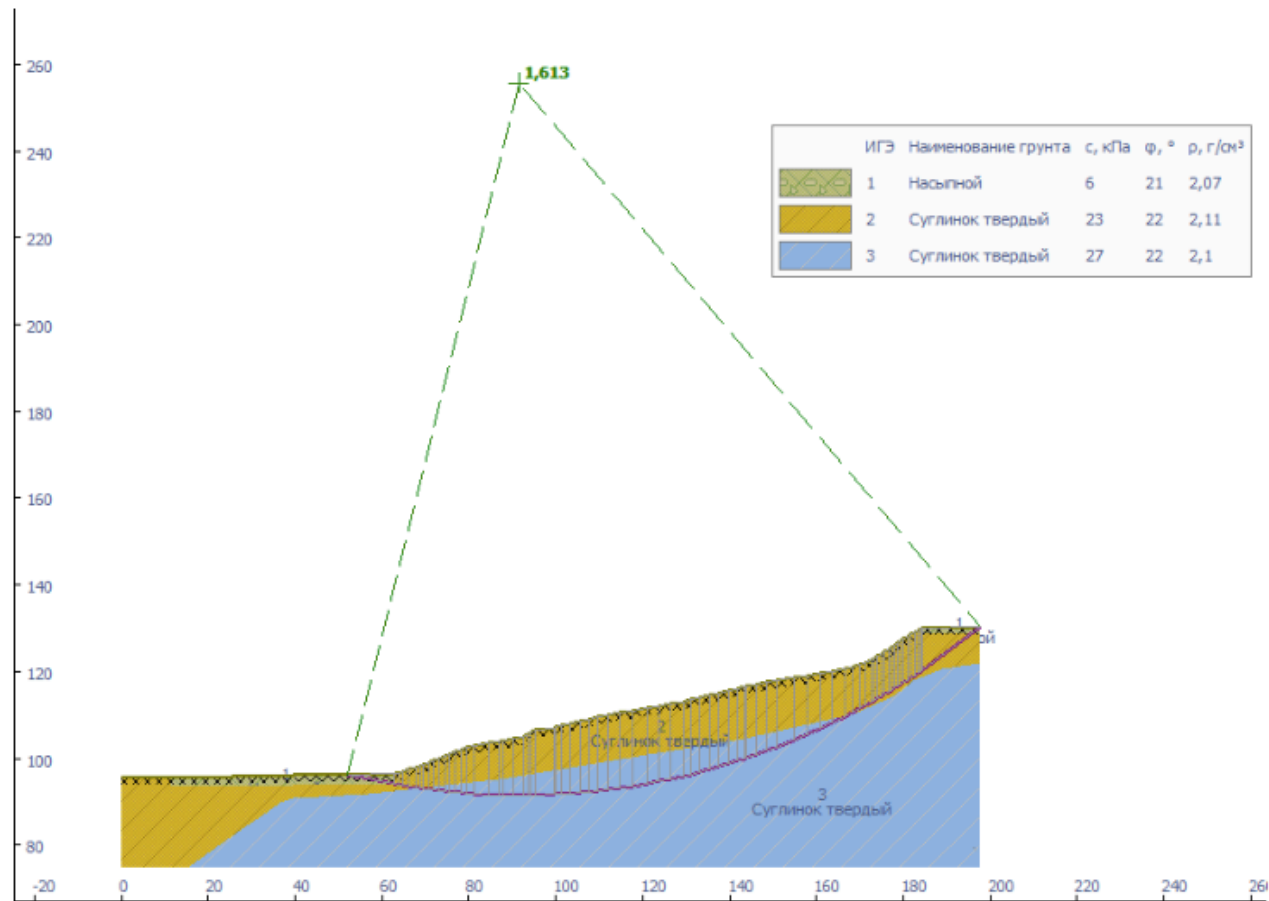
Вариант расчета	Метод	Моргенштерн-Прайс	Шахунянца	Ямбу
Оползневой участок склона. Дополнительное увлажнение грунтов по сформированной поверхности скольжения. Сейсмическое воздействие 9 баллов		0,862	0,799	0,807

Инженерно-геологический разрез по линии 2-2. Расчет верхнего блока.



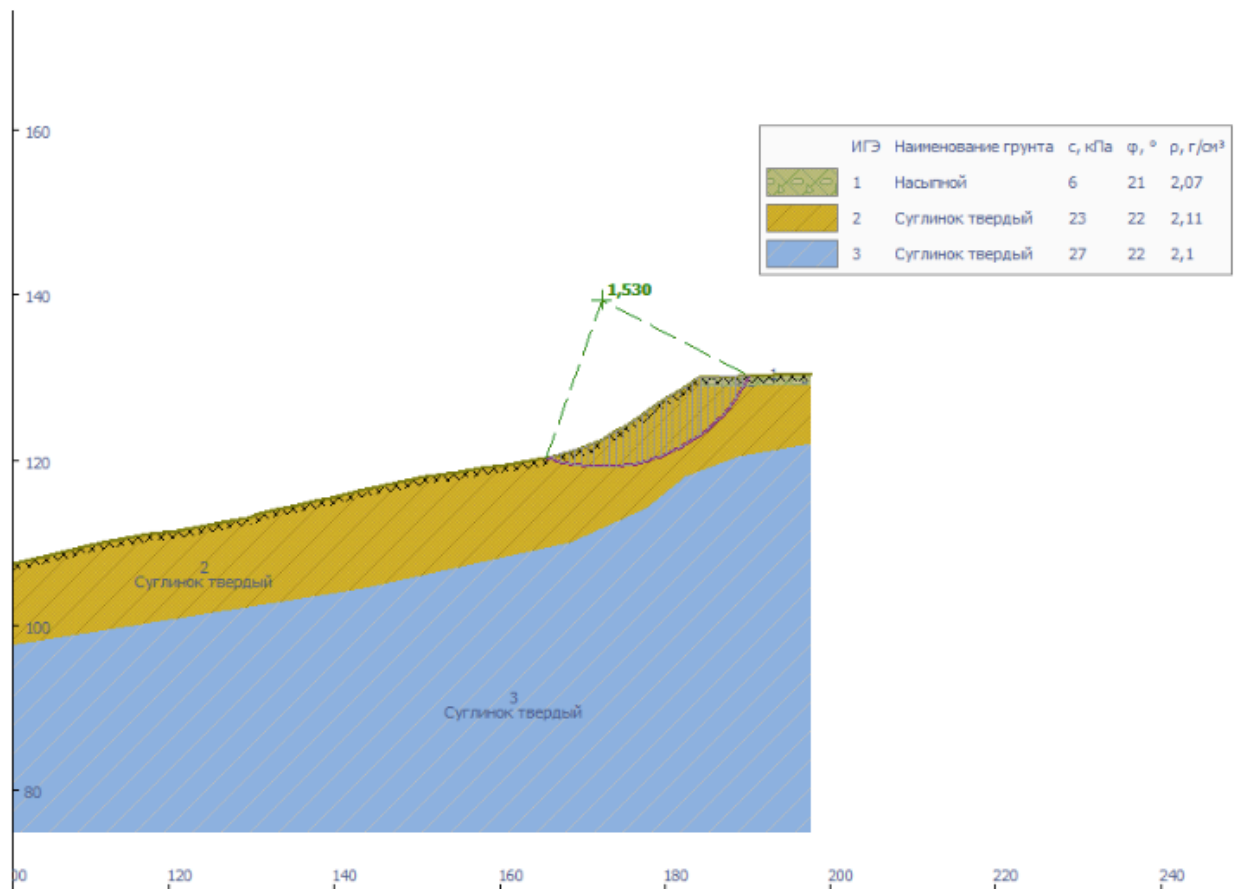
Вариант расчета	Метод	Моргенштерн-Прайс	Шахуняца	Янбу
Потенциально <u>оползнеопасный</u> склон. Дополнительное водонасыщение грунтов ненарушенной структуры		1,888	1,786	1,738

Инженерно-геологический разрез по линии 2-2. Прогноз устойчивости с учетом сейсмического воздействия. Основной блок.



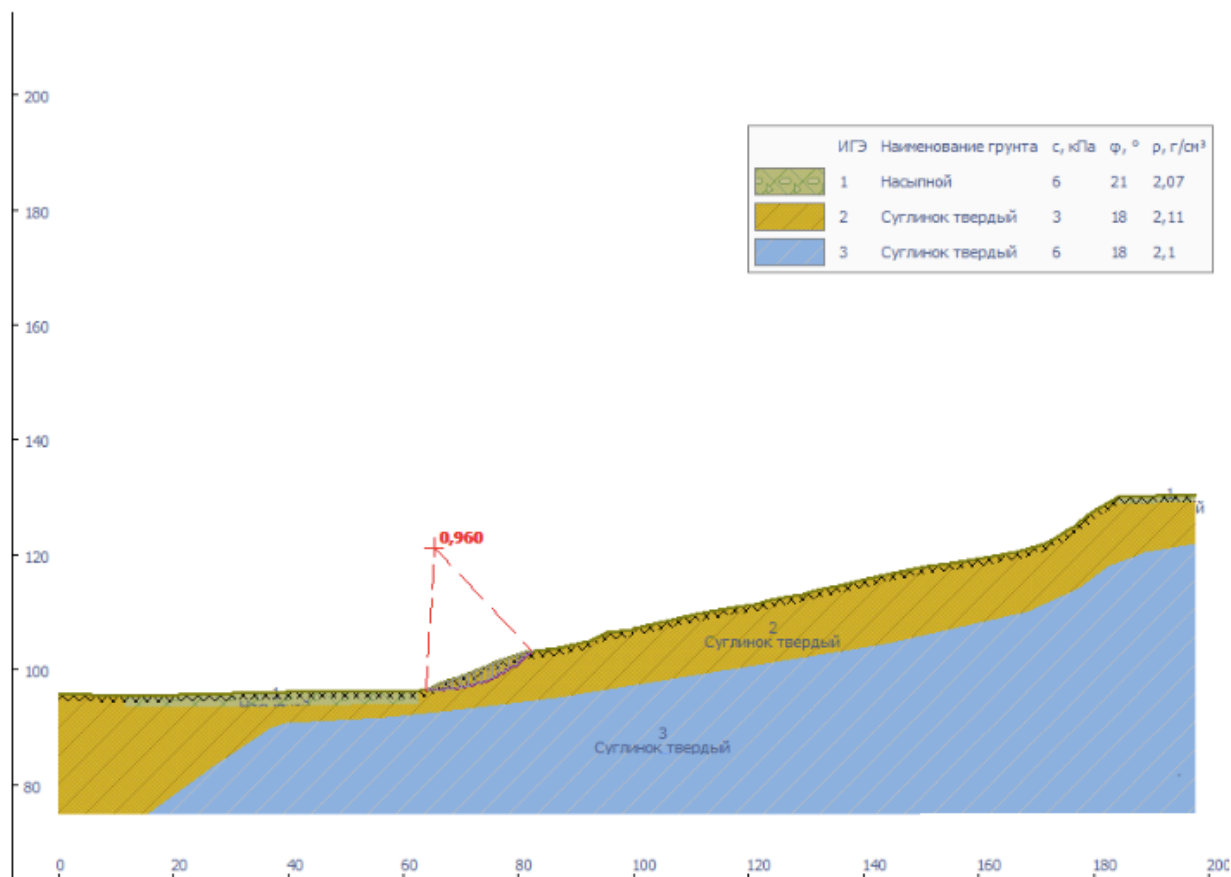
Вариант расчета	Метод		
	Моргенштерн-Прайс	Шахунянца	Янбу
Потенциально <u>оползнеопасный</u> склон. Дополнительное водонасыщение грунтов ненарушенной структуры. Сейсмическое воздействие 9 баллов	1,613	1,566	1,540

Инженерно-геологический разрез по линии 2-2. Прогноз устойчивости с учетом сейсмического воздействия. Верхний блок.



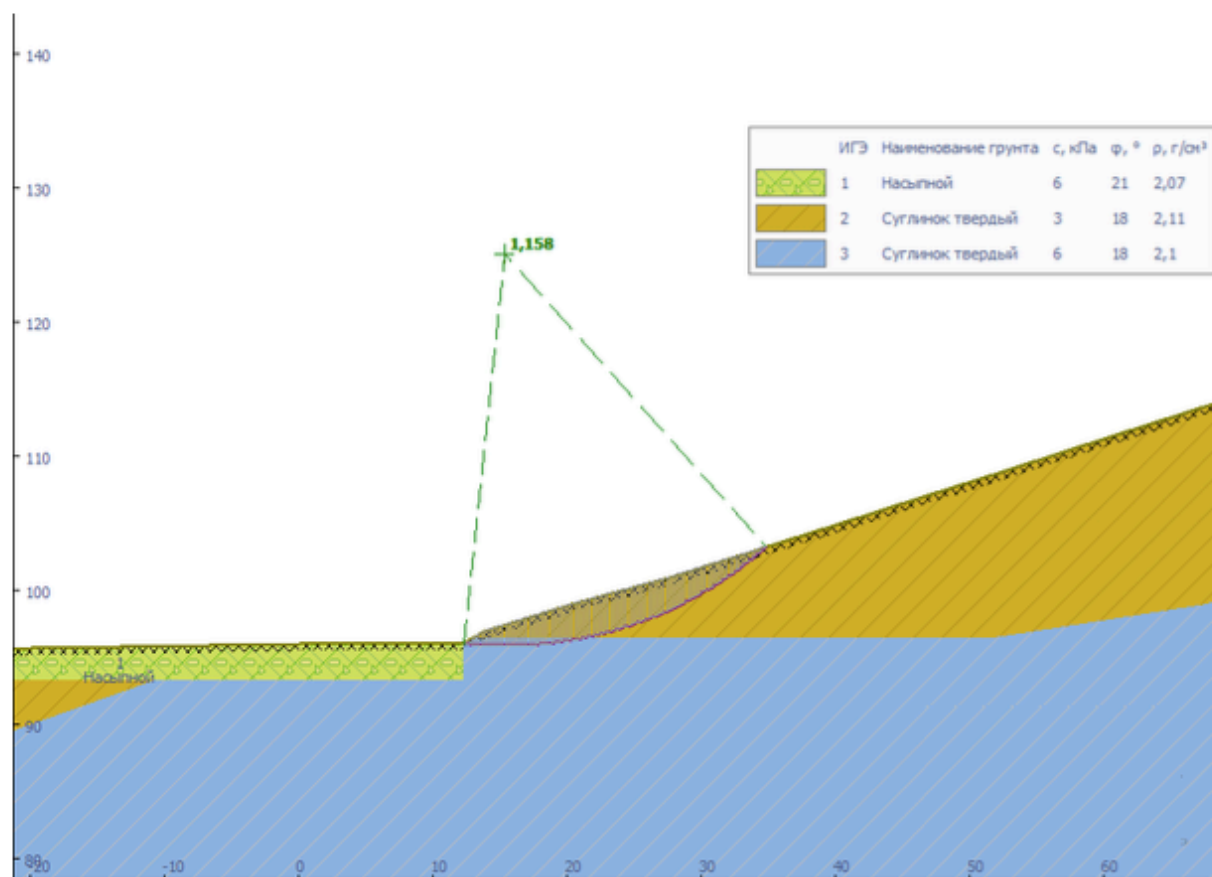
Вариант расчета	Метод		
	Моргенштерн-Прайс	Шахунянца	Янбу
Потенциально оползнеопасный склон. Дополнительное водонасыщение грунтов ненарушенной структуры. Сейсмическое воздействие 9 баллов	1,530	1,422	1,393

Инженерно-геологический разрез по линии 2-2. Прогноз устойчивости с учетом сейсмического воздействия. Нижний блок.



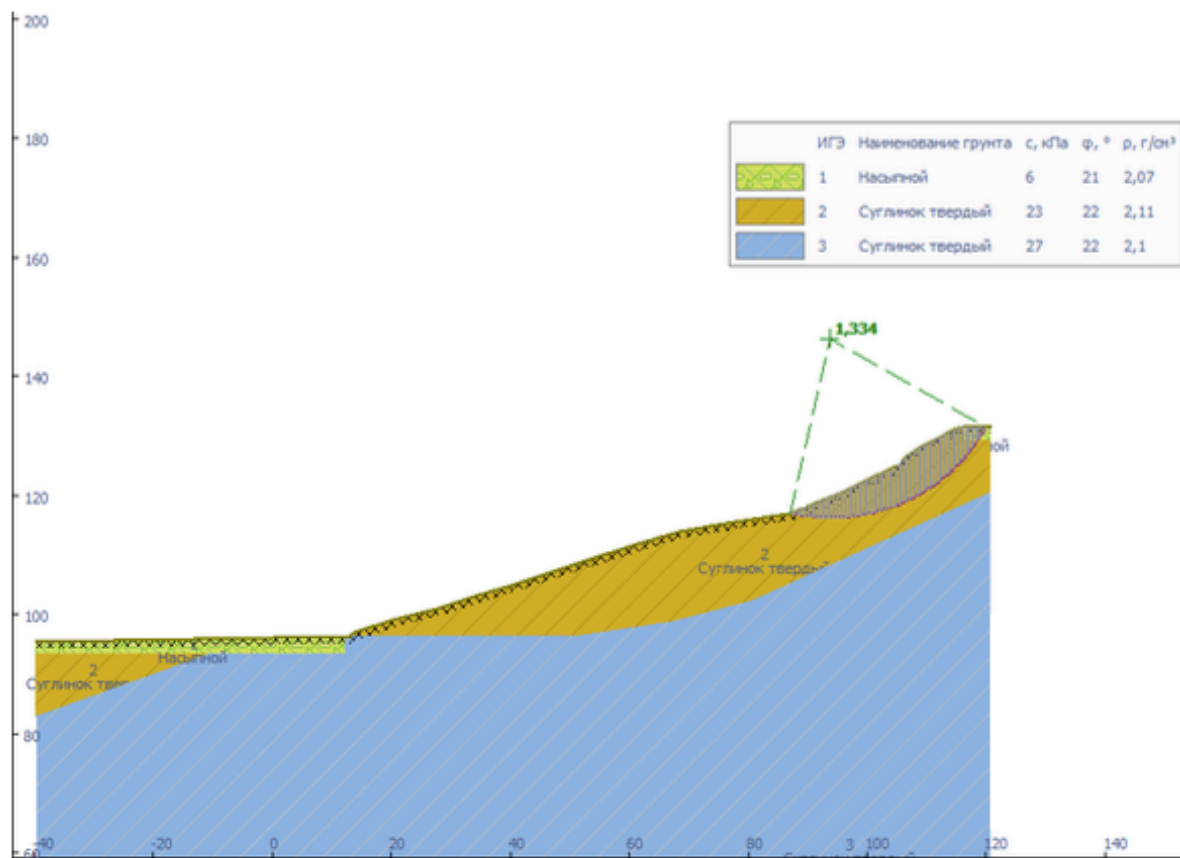
Вариант расчета	Метод		
	Моргенштерн-Прайс	Шахунянца	Янбу
Оползневой участок склона. Дополнительное увлажнение грунтов по сформированной поверхности скольжения. Сейсмическое воздействие 9 баллов	0,960	0,924	0,926

Инженерно-геологический разрез по линии 3-3. Прогноз устойчивости с учетом сейсмического воздействия. Нижний блок.



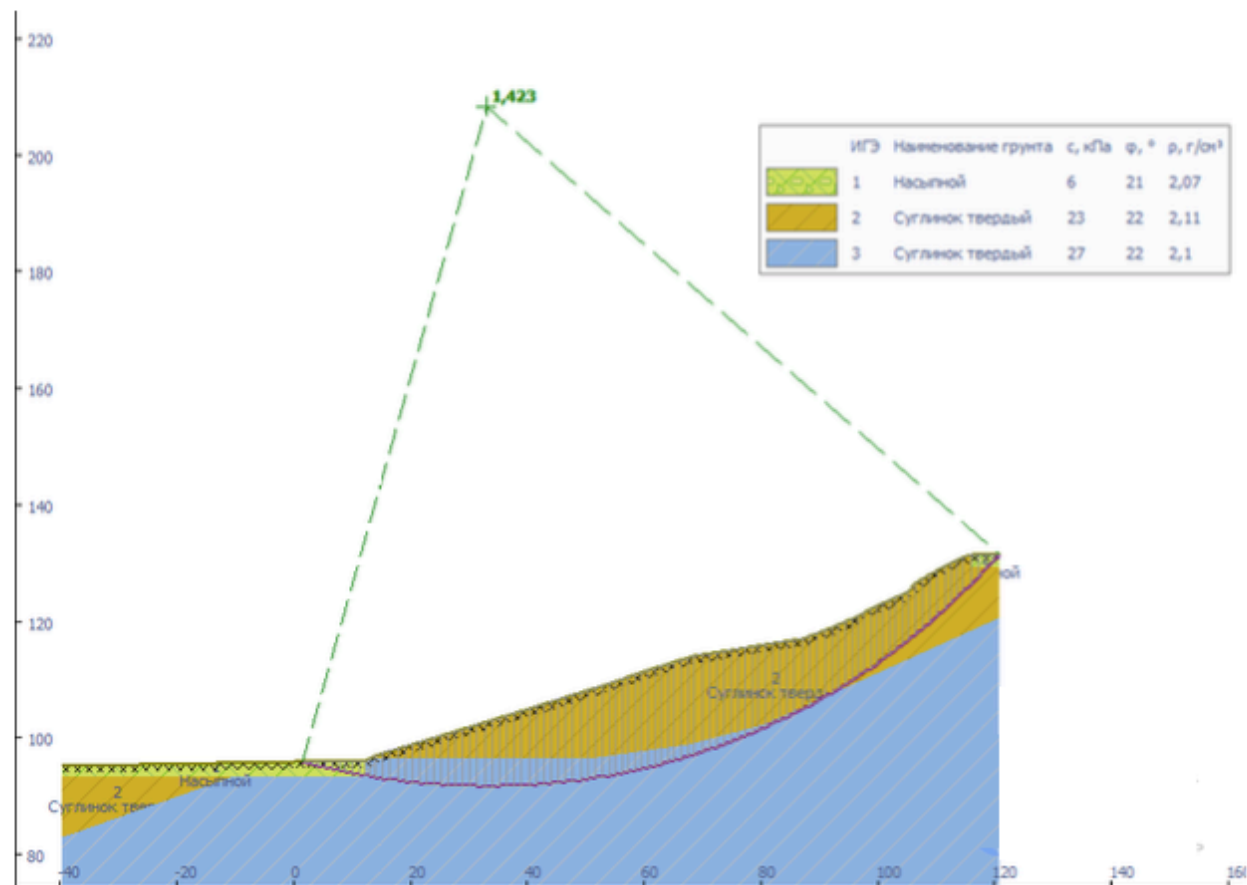
Вариант расчета	Метод	Моргенштерн-Прайс	Шахунянца	Ямбу
		Оползневой участок склона. Дополнительное увлажнение грунтов по сформированной поверхности скольжения. Сейсмическое воздействие 9 баллов	1,158	1,116

Инженерно-геологический разрез по линии 3-3. Прогноз устойчивости с учетом сейсмического воздействия. Верхний блок.



Вариант расчета	Метод	Моргенштерн-Прайс	Шахунянца	Янбу
		Потенциально <u>оползнеопасный</u> склон. Дополнительное водонасыщение грунтов <u>ненарушенной</u> структуры. Сейсмическое воздействие 9 баллов	1,334	1,237

Инженерно-геологический разрез по линии 3-3. Прогноз устойчивости с учетом сейсмического воздействия. Основной блок.



Вариант расчета	Метод		
	Моргенштерн-Прайс	Шахунянца	Янбу
Потенциально оползнеопасный склон. Дополнительное водонасыщение грунтов ненарушенной структуры. Сейсмическое воздействие 9 баллов	1,423	1,356	1,337