

ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ – ФИЛИАЛ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА  
«ВЛАДИКАВКАЗСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

На правах рукописи

Чотчаев Хыйса Османович

ВЛИЯНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
НА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВЫСОКОГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ  
(НА ПРИМЕРЕ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА «МАМИСОН»  
В СЕВЕРНОЙ ОСЕТИИ)

Специальность 25.00.36 – Геоэкология (науки о Земле)

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель:  
Заалишвили Владислав Борисович  
доктор физико-математических наук,  
профессор

Владикавказ - 2021

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ АЛЬПИЙСКОГО ТЕКТОГЕНЕЗА.....	11
1.1 Современные представления о влиянии эндогенных геодинамических процессов на изменения природной среды горных территорий. Геодинамическая концепция ..	11
1.2 Факторы, определяющие геодинамическую активность горных территорий областей альпийского тектогенеза .....	24
1.3 Гидрогеологические особенности .....	29
1.4 Выводы .....	33
ГЛАВА 2. ВЛИЯНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ЭВОЛЮЦИЮ ТЕРРИТОРИИ .....	35
2.1. Физико-географический потенциал территории.....	35
2.2 Методологическое обоснование особенностей геодинамического развития. Физические поля как индикаторы геодинамических процессов .....	42
2.3 Выводы .....	48
ГЛАВА 3. РАЗВИТИЕ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ ПРОЕКТИРУЕМОГО ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА «МАМИСОН» .....	49
3.1 Современные представления о составе и строении четвертичного покрова территории проектируемого комплекса «Мамисон» .....	49
3.1.1 Средний неоплейстоцен .....	54
3.1.2 Верхний неоплейстоцен .....	57
3.1.3 Верхний неоплейстоцен-голоцен нерасчлененные .....	62
3.1.4 Голоцен .....	63
3.2 Состояние мониторинга экзогенных геологических процессов (ЭГП) высокогорного региона Северной Осетии .....	76
3.3 Современное проявление опасных геодинамических процессов .....	78
3.3.1 Выветривание .....	78
3.3.2 Эрозионные процессы .....	79
3.3.3 Селевые потоки .....	81
3.3.4 Обвальнo-осыпные процессы .....	85
3.3.5 Оползни .....	86
3.3.6 Лавины .....	87
3.3.7 Ледники, каменные глетчеры и приледниковые озера. ....	89
3.4 Выводы .....	92

ГЛАВА 4. ЭНДОГЕННЫЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НА ТЕРРИТОРИИ ПРОЕКТИРУЕМОГО ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА «МАМИСОН» .....	93
4.1 Современные представления о строении литосферы территории проектируемого туристско-рекреационного комплекса «Мамисон». Глубинные исследования северного склона Большого Кавказа.....	93
4.2 Признаки вулканно-плутонических процессов. Вулканизм .....	99
4.3 Признаки проявления тектонических движений земной коры и литосферы. Тектонические проявления геодинамической активности.....	102
4.4 Признаки влияния эндогенной геодинамики на изменения природной среды климатообусловленными факторами.....	107
4.5 Неотектоническое районирование и сейсмичность территории.....	109
4.6 Предрасположенность геологических пород к физико-механическим и геохимическим воздействиям.....	120
4.7 Выводы .....	121
ГЛАВА 5. СОВРЕМЕННОЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕРРИТОРИИ ПРОЕКТИРУЕМОГО КОМПЛЕКСА «МАМИСОН» И ОСНОВНОЙ ТРЕНД ЕГО ЭВОЛЮЦИИ.....	123
5.1 Тектоническая основа интенсивных геоэкологических изменений .....	123
5.2 Основные геодинамические факторы и интенсивность их влияния на геоэкологическую ситуацию .....	146
5.3 Палеоэкологическая оценка территории и долгосрочный прогноз ее развития	154
5.4 Выводы.....	160
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	162
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	164
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	184
Приложение А .....	185
Приложение Б .....	196
Приложение В.....	201
Приложение Г. ....	211
Приложение Д.....	213
Приложение Е.....	216
Приложение Ж.....	219
Приложение И. ....	221

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** К моменту квалифицированной оценки ландшафтно-географических, природно-климатических, структурно-тектонических условий и туристско-рекреационных ресурсов площади проектируемого комплекса «Мамисон» геоэкологическая нагрузка на территорию определялась, в основном, природными факторами развития геодинамических процессов, недостаточно изученными по характеристикам воздействия, условиям проявления, взаимосвязи, механизмам протекания, темпам преобразования окружающей среды.

Территории Центрального Кавказа, освоенные как спортивно-оздоровительные, туристско-рекреационные комплексы («Романтик» в Архызе, Домбай в Теберде, Терскол, Чегет, Азау в Приэльбрусье, «Армхи» в Ингушетии, Цей в Северной Осетии) представлены осадочными, интрузивными, эффузивными, метаморфизованными комплексами и характеризуются различной степенью подверженности экзогенным геодинамическим процессам.

Площадь на юге Северной Осетии, определенная под новый туристско-рекреационный комплекс «Мамисон», в структурно-тектоническом и литологическом плане резко отличается от перечисленных выше туристско-рекреационных комплексов. Она представляет собой аккреционную Южную микроплиту-террейн, со сформированной в океанических условиях литологией ритмичного переслаивания неустойчивых к разрушению пластов известняков, прослоев мергелей и известковистых песчаников, и противостоящей на современном этапе геодинамической обстановки коллизии Скифской плите.

По интенсивности, разнообразию и масштабности проявления естественных геодинамических процессов, их негативному воздействию на ландшафтно-морфологические структуры и геологические условия территории, геоэкологическая ситуация в горных регионах приравнивается к опасной. Вместе с тем, организация туристско-рекреационного комплекса в высокогорных условиях, где не проявлялась активная деятельность человека, будет сопровождаться интенсивными антропогенными и техногенными факторами дополнительного деструктивного воздействия на геосреду, что усилит негативные проявления геодинамических факторов.

Научно обоснованный прогноз геоэкологической эволюции, основанный на учете современной эндогенной геодинамической активности и развития различных

генетических типов опасных экзогенных геологических процессов определяет **актуальность** обеспечения безопасности функционирования и развития туристско-рекреационного комплекса «Мамисон».

**Цель диссертационной работы** – оценка состояния геодинамической активности и долгосрочный прогноз геоэкологической эволюции территории проектируемого туристско-рекреационного комплекса «Мамисон».

Для достижения поставленной цели решались **следующие задачи**:

– анализ признаков проявления геодинамической обстановки сопряженных литосферных плит, установление пространственно-временной зависимости интенсивного образования четвертичных отложений и опасных экзогенных геологических процессов с глубинной тектономагматической активностью;

– методологический анализ проявлений геофизических полей-индикаторов при тектономагматических процессах для обоснования методов их исследования на основе сравнительной оценки комплекса воздействующих факторов и признаков проявления опасных геологических процессов эндогенного и экзогенного характера;

– определение зон влияния активных разломов и интенсивного проявления экзогенных геологических процессов на основе скоростной модели и геоэлектрических характеристик, установление пространственной связи неотектонических проявлений трещинного типа с известными глубинными разрывными структурами территории;

– выделение основных очагов экзогенных геодинамических процессов, характеристика их уровней опасности и потенциала массопереноса на основе учета четвертичных образований, развития опасных геологических процессов и геофизических данных развития неотектонической активности и оценка их влияния на геоэкологическое состояние территории;

**Объект исследований** – геотектоническая структура Южной микроплиты-террейна – район планируемого туристско-рекреационного комплекса «Мамисон» в Республике Северная Осетия–Алания, как перспективная территория ее экономического развития.

**Предмет исследований** - активность эндогенных и экзогенных геодинамических процессов, причинно-следственная зависимость геоэкологических условий от эндогенных и экзогенных процессов, факторы и признаки их проявления.

### **Основные положения, выносимые на защиту.**

1. Геоэкологические изменения в исследуемом регионе вызваны интенсивным проявлением тектономагматической активности по зонам активных региональных разломов, неравномерным воздыманием отдельных участков территории при горообразовании, обуславливающих напряженно-деформированное состояние среды и её последующее разрушение.

2. Устойчивая приуроченность экзогенных процессов к тектоническим нарушениям, зонам сейсмической и неотектонической активности, повсеместно отмечаемой на всей территории, интерпретируется как результат причинно-следственной связи эндогенных и экзогенных геодинамических процессов.

3. Геофизические, геохимические, гидрогеодеформационные поля, являющиеся на исследуемой территории индикаторами геодинамических процессов и методологической основой исследований, оказывают на всех уровнях пороодо- и структурообразования долговременное влияние, формируя современную кору выветривания и обуславливая интенсивные геоэкологические изменения.

4. Геоэкологическое состояние и уровень геоэкологической нагрузки территории туристско-рекреационного комплекса «Мамисон» в связи с незначительностью антропогенного воздействия определяется преимущественно природно-климатическими и геодинамическими процессами.

### **Научная новизна**

1. Впервые обоснована причинно-следственная связь эндогенных и экзогенных процессов на примере территории туристско-рекреационного комплекса «Мамисон» в Северной Осетии. Установлено, что опасные экзогенные геологические процессы и, связанные с ними негативные геоэкологические изменения, контролируются активными тектоническими нарушениями.

2. Установлено, что эндогенные процессы сопровождаются комплексом сопутствующих признаков-индикаторов в виде геофизических, геохимических, гидрогеодеформационных полей, длительно воздействующих на горные породы на структурно-текстурном и атомно-молекулярном уровнях, которые впервые были использованы в качестве параметров алгоритма для методологического обоснования исследований геодинамических процессов и прогноза геоэкологической эволюции исследуемой территории.

3. Впервые в пределах Складчато-глыбового поднятия и Осетинской равнины на основе комплекса инструментальных наблюдений доказано существование активного Ардонского разлома, как природного эндогенного фактора региональной сейсмической активности и интенсивных геоэкологических изменений.

4. Разработаны алгоритмы и выполнено ранжирование геодинамических и климатических факторов воздействия на геоэкологическую среду и по сумме их комплексных воздействий проведено зонирование территории по уровням геоэкологической нагрузки.

5. Установлено, что уровень активности опасных эндогенных процессов и исследованный классификационный комплекс экзогенных процессов определяют геоэкологическое состояние территории с точки зрения ландшафтно-геоморфологических изменений, в целом, опасной по геоэкологической нагрузке.

**Достоверность научных положений, выводов и результатов** исследования обеспечивается представительностью и надежностью исходных данных, полученных в ходе долговременных наблюдений, сопоставимостью результатов исследований и практики, использованием современных методов исследований и опытом их применения в технологически прогрессивных научных и производственных центрах.

**Теоретическая и практическая значимость** определяется анализом состояния и развития эндогенных и экзогенных процессов в их причинно-следственной зависимости в пределах априори установленных границ современной геодинамической обстановки коллизии, обуславливающей высокий уровень активности и реализации оценок геоэкологической уязвимости природной среды на основе развития методологии оценок природных рисков, в уточнении и детализации разработанных карт развития опасных геологических процессов с учетом неотектонического проявления под покровом четвертичных отложений, что позволяет прогнозировать опасные события и своевременно исключать использование опасных участков для землепользования. Методика выделения геодинамических и климатических факторов воздействия на геоэкологическую среду, их ранжирование по интенсивностям и зонирование территории по геоэкологической нагрузке, могут быть успешно использованы для любых других горных районов. Таким образом, в результате исследований решена крупная народно-хозяйственная проблема «безопасная урбанизация горных территорий».

**Результаты работы использованы** на стадии предпроектных изысканий по объектам: «Проект создания туристического кластера в Северо-Кавказском федеральном округе, Краснодарском крае и республике Адыгея», «Всесезонный туристско-рекреационный комплекс «Мамисон»», «Реконструкция участка автомобильной дороги «Кавказ» Алагир - Нижний Зарамаг», проект «Строительство газопровода Дзуарикау РСО-А до г. Цхинвал РЮО» и др.

**Источники информации.** В основу исследования положены материалы предшествующих инженерно-геологических изысканий при проектировании объектов федерального и республиканского значений, проведенных в разные годы целым рядом исполнителей, включая автора работы. В качестве геологической основы использованы карты фактов инженерно-геологических изысканий Гончаренко О.А.

**Личный вклад автора.** Автор разработал алгоритм «факторы и признаки геоэкологического воздействия на окружающую среду», алгоритм «распознавание опасных геодинамических процессов, воздействующих на геоэкологическое состояние среды», вместе с научным руководителем разработал алгоритм «уровень геоэкологических нагрузок и их ранжирование», принимал непосредственное участие в проектировании и проведении геофизических изысканий по перекрытым четвертичными образованиями участкам (сел. Лисри, Козикомдон, Земегондон), при реконструкции участка автомобильной дороги «Кавказ» Алагир-Нижний Зарамаг, при обосновании проекта трассы высокогорного перевального газопровода в РЮО и др.

Он был соруководителем и ответственным исполнителем работы в рамках направления «Физические поля, внутреннее строение Земли и глубинные геодинамические процессы», включенного правительством РФ и Российской Академии наук в «Программу фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы».

**Методология и методики.** В основу методологического обоснования проведенных исследований положены современные теоретические и эмпирические представления о геодинамических процессах региона, их классификационное представительство на территории, структурно-тектонические и литологические особенности геологической среды, а также физико-механические, петрофизические и геохимические характеристики горных пород. В работе применялись передовые геофизические методики и технологии инструментальных наблюдений МОВЗ, МТЗ,



сейсмо- и электротомографические наблюдения и программы обработки: ZondProtocol, ZondST2d, ZondST3d(МПВ), ZondRes2d, ZondRes3d, ZondRes2dp 1,0), данные площадной геологической документации масштабов 1:5000 и 1:10000, верификация геологических геофизических данных выполнена бурением скважин, использован региональный фондовый материал, проведено обобщение данных отечественной и зарубежной литературных источников.

**Апробация работы и публикации.** Основные положения диссертации доложены и одобрены на II Международной научно-практической конференции "Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа" (Владикавказ, 08-10 октября 2010 г.); на Всероссийской научно-практической конференции «Наука и образование в Чеченской республике: состояние и перспективы развития» (Грозный, 07 апреля 2011 г.); на Всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа» (Грозный, 2011); на Международной конференции «Сейсмическая опасность и управление сейсмическим риском на Кавказе» (Владикавказ, 16-18 октября 2013 г.); Международной научно-практической конференции "Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа", (Владикавказ, 22-24 сентября 2014 г.); на Всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа» (Грозный, 08-10 ноября 2014 г.); на Всероссийской конференции «Молодежь, наука, инновации» (Грозный, 24-26 октября 2014 г.); на IX «Российской национальной конференции по сейсмическому строительству и сейсмическому районированию (с международным участием) (Сочи, 06-09 сентября 2011 г.); на Международной конференции «GEOENERGY» (Грозный, 09-11 декабря 2016 г.); на Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 60-летию строительного факультета ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова "Актуальные проблемы современной строительной науки и образования" (Грозный, 12-13 октября 2017 г.); на VIII Всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа» (Ессентуки, 10-13 октября 2018 г.); на Международном симпозиуме «International symposium "engineering and earth sciences: applied and fundamental research" dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES 2019) (Groznyi, Russia, 12-13 июня 2019 г.); на Международной конференции

«International Conference on Extraction, Transport, Storage and Processing of Hydrocarbons and Minerals» (Tyumen, 19-20 августа 2019 г.); на IX Всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа» (Ессентуки, 10-12 октября 2019 г.); на Международной конференции «Опасные природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии» (Владикавказ, 30 сентября-02 октября 2019 г.); на Международной конференции «Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering 2019 (TPACEE 2019)» (Москва, 19-22 ноября 2019 г.); на Международной конференции «Natural Disasters and their Early Warning Systems (NEWS) 2020» 8-9 июля 2020 г. и на заседаниях Ученого совета ГФИ ВНИЦ РАН (2015 – 2020 гг.).

**Публикации.** Основные положения диссертации опубликованы в 20 статьях, в том числе, в изданиях из списка Web of Science и/или Scopus – 9 и в изданиях, рекомендованных ВАК, – 11.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения и 8 приложений. Общий объем работы содержит 257 страниц, в том числе, 46 рисунков, 6 таблиц. Основной текст содержит 183 страницы. Список литературы включает 204 наименования.

**Благодарности.** Автор выражает искреннюю благодарность своему научному руководителю д.ф.- м.н., профессору Заалишвили В.Б. за научное руководство, выбор темы исследования, создание условий для работы и постоянную человеческую поддержку. Автор благодарен д.г.-м.н., профессору Параде С.Г. за полезные рекомендации по теме диссертации, Гончаренко О.А. за долгие годы совместной работы, включая исследования на рассматриваемой территории. Автор признателен Тавасиеву Р.А. за предоставленные фотографии, к.т.н. Канукову А.С., к.т.н. Харебову К.С. к.т.н. Мелькову Д.А., к.г.н. Бурдзиевой О.Г. соавтору по многим профильным статьям и другим коллегам за участие в исследованиях и техническую помощь на всех этапах работы над диссертацией.

## **ГЛАВА 1. ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ АЛЬПИЙСКОГО ТЕКТОГЕНЕЗА**

### **1.1 Современные представления о влиянии эндогенных геодинамических процессов на изменения природной среды горных территорий. Геодинамическая концепция**

Учитывая междисциплинарный характер содержания экологических и геоэкологических проблем, неудивительно, что оба направления настолько переплетаются в научных работах, что порой трудно определить, решению задачи какой дисциплины они посвящены. Традиционно сложилось представление, что геоэкология является междисциплинарным направлением – своего рода метанаукой, где суммируются все существующие знания об экологическом состоянии Земли, включая биологию окружающей среды, хотя известно, что биосфера определяет частично состояние геоэкологии, формируя почвенный слой, участвуя в преобразовании коры выветривания, равно как и геоэкология влияет на развитие и видоизменения живых организмов.

Претензии на географическую направленность геоэкологии также могут быть признаны предметными при рассмотрении последствий геоэкологических изменений за счет экзогенных геологических процессов, когда меняются ландшафты, экосистемы, но на изменения геоэкологического состояния окружающей среды за счет эндогенных геологических процессов география часто не имеет ответов.

По мнению В.И. Осипова [Осипов, 1993], объектом геоэкологии являются геосферные оболочки Земли, т.е. не только литосфера или геологическая среда, но и гидросфера, атмосфера и биосфера. В таком случае предметом геоэкологической науки является совокупность всех знаний о геосферах, включая изменения, происходящие под влиянием природных и техногенных факторов. Важнейшие задачи геоэкологии, по мнению В.И. Осипова, - анализ изменения геосфер под влиянием природных и техногенных факторов, рациональное использование водных, земельных, минеральных и энергетических ресурсов Земли, снижение ущерба, наносимого окружающей среде природными и природно-техногенными катастрофами, и обеспечение безопасного проживания людей. В качестве основного объекта изучения экологической геологии

выделяют геологическую среду, подразумевая верхнюю часть литосферы, взаимодействующую с биотой, влияющую на среду обитания человека, которая находится во взаимодействии с техногенными факторами. В геологическую среду включают геобиосферу (фитобиосферу и педосферу суши) и литобиосферу (т. е. верхнюю часть литосферы, где организмы формируют примитивные биоценозы и размножаются), а также подземную часть техносферы. Они дифференцируют экологическую геологию на два блока: изучение геологической среды как фактора воздействия на организмы; исследование геологической среды в аспекте выявления опасных геологических процессов и явлений, угрожающих жизни людей и инженерным объектам

Влияние геодинамических процессов рассматриваются в контексте исключительно процессов, происходящих в геосферах Земли и оказывающих воздействие на геоэкологическое состояние на границе литосферы и атмосферы.

Геодинамическая опасность (эндогенные и экзогенные процессы) – угроза, обусловленная опасными геологическими процессами эндогенного и экзогенного характера, определяемая как вероятность проявления определенного события или комплекса событий на заданной территории с прогнозируемой силой и в течение заданного интервала времени.

Уровень геодинамической опасности территории зависит от геодинамической активности литосферы (эндогенная геодинамика), литологического состава осадочного чехла, условий взаимодействия геологической среды с атмосферой, климатических изменений (экзогенная геодинамика). Геодинамические и климатические процессы определяют геоэкологическое состояние среды обитания и эволюцию Земли в целом. Критерием такой оценки рассматриваются сейсмичность (редко и тектонические подвижки) и пораженность территории экзогенными процессами [Трофимов, Зилинг, 2002; Абалаков, 2007; Veniston, 2005], как факторы доступные человеку для исследования. Но связь даже этих двух проявлений земной эволюции на тонком уровне (комплекса физических полей – деформационных, дислокационных, электромагнитных, геохимических, тепловых) остается неясной.

Влиянием эндогенных процессов можно объяснить не только активизацию экзогенных геологических процессов, но и многие климатические изменения. Прежде всего, это относится к возникающим локальным парниковым эффектам, объяснение

чему следует искать, как в глубинных процессах энергетического воздействия на геоэкологическую среду, так и в экзогенных геологических процессах, изменяющих определенные параметры (альbedo, экспозиция, поглощение, рассеивание и многое другое) формирования метеорологических условий. [Huggel et al., 2012]. Концепция климатических изменений на планете за счет озоновых дыр, возникающих из-за выброса в атмосферу хлор - и фторсодержащих фреонов и тем самым разуплотнения озонового слоя, выглядит уже не столь догматично, и параллельно рассматриваются геодинамические факторы климатической зависимости [Безверхний, 2019; Berger, 2012].

При катастрофических проявлениях землетрясений (сильнейшие землетрясения 1906 г. в Сан-Франциско, Газлийское 1976 и 1984 гг. с магнитудами более 7 и Тяньшанское в 1976 г., магнитудой 8,2 (по шкале Рихтера), гигантский скальный обвал объемом в 2,2 млрд. м<sup>3</sup> с высоты более 5000 м в 1911г на Памире, перекрывший реку Бартанг и создавший на высоте 3255 м над уровнем моря, Сарезское озеро с площадью 70 x 3,3 кв. км, высокогорный оползень в китайской провинции Ганьсу с более 30 тыс. жертв, падение ледника с вершины горы Уаскарана в Перу с 60 тыс. жертв, катастрофический сход ледника Колка в Геналдонском ущелье в республике Северная Осетия-Алания, РФ – 114 человек жертв) заметно меняется геоэкологическая среда обитания, которая регрессирует, теряет многие виды органоминерального состава (абиотические факторы), из-за чего часть биоценоза погибает [Muir Wood, 1987], а часть пытается приспособливаться к новой геоэкологической обстановке (давление, температура, влажность, физические и геохимические поля). При этом происходят локальные сильнейшие изменения ландшафта, которые не подлежат восстановлению или требуются десятилетия на реабилитацию, но в любом случае для микро- и фитоценоза это уже иная геоэкологическая среда, адаптация к которой требует изменения в самой системе организации микроорганизмов и растений [Michael Heads, 2018; Flavio et al., 2011; Duvillard et al., 2015; Evans et al., 2009].

Кинематику в геодинамическом режиме планеты характеризуют литосферные плиты, а их динамику - определенный энергетический баланс Земли. Космический фактор поддержания этого баланса составляет тысячные доли от воздействия приливных сил Луны на Землю, который не превышает 1% энергетического баланса Земли [Сорохтин, Ушаков, 1993; 2002; Frost et al., 2004; Voyet et al., 2003; Ферхуген, Тернер и др., 1974], при этом градиент ускорения силы тяжести лунных приливов

$1,7 \times 10^{-13} \text{c}^2$  существенно выше солнечного градиента  $7,87 \times 10^{-14}$  и на много порядков превышает градиенты, создаваемые галактическим полем тяготения  $1,5 \times 10^{-30} \text{c}^{-2}$ , т.е. говорить о каких-то существенных влияниях космического рода на тектоническую активность Земли нет оснований. В тоже время внутреннее тепло Земли составляет всего около 0,02% против 99,8% поставляемого Солнцем на прогрев первых десятков метров поверхностного слоя (далее солнечное тепло не успевает проникнуть из-за смены дня и ночи, при этом в ночное время Землей излучается практически полностью обратно в космос, полученное за день тепло [Аплонов, 2001; Хаин, Ломизе, 2005]. Это означает, что на современном (в геологическом исчислении) этапе развития энергетический баланс создается самой Землей и источником для этого служит геотермия Земли (наименее верифицированный параметр, характеристики которого определяются на основе теоретических расчетов, математического моделирования физических явлений при сверхвысоких давлениях) однако самый важный из физических полей, так как распределение тепла в Земле прямо или косвенно определяет почти все проявления тектонической, магматической и вулканической активности.

Эндогенным геодинамическим режимом Земли занимались многие отечественные и зарубежные исследователи: Аплонов С.В., Астафьев Д.А., Баркин Ю.В., Богатиков О.А., Гончаров М.А., Деменицкая Р.М., Зоненшайн Л.П., Коваленко В.И., Короновский Н.В., Котелкин В.Д., Красный Л.И., Лобковский Л.И., Ломизе М. Г., Несмеянов С.А., Павленкова Н.И., Пейве А.А., Парначев В.П., Пушаровский Ю.М., Пушаровский Д. Ю., Сорохтин О.Г., Ушаков С.А., Хаин В.Е., Шатский И.С., Юдин В.В., Wegener A. L., Bullen K. E., Джеффрис G., Badro J., Fiquet G., Boyet M, Blichert Toft, Frost Д J., Lebske С., Кокс А., Харт Д.

Уточненная модель энергетического обеспечения эндогенной геодинамической активности внутриплитных структур, наблюдаемой на дневной поверхности (разрывные нарушения, вулканизм, сейсмичность, магматизм, рудообразование, термальные источники) [Астафьев, 2016], объясняет природу мелкофокусных очагов землетрясений и тектонических нарушений высоких порядков. Проявление эндогенных геодинамических процессов происходит исключительно за счет внутренней энергии Земли, восполняемой за счет теплопотока конвектирующей мантии [Лобковский, Котелкин, 2000; Yuen et al., 2007] либо магмофлюидодинамической системой конвективных ячеек, представляющих собой ансамбли коромантийных плит. Системы

пронизывают активные тектонические области и пояса, а также слой D и внешние слои жидкого ядра, обеспечивающей встречный погружению восходящий магматизм в поясах и областях субдукции-дайвинга и под формирующимися рифтами на континентах [Астафьев, 2007; Bouet, Blichert Toft, 2003].

Литосферная плита, как известно, состоит из множества блоков, разделенных тектоническими нарушениями различных возрастов заложения, порядков по пространственным параметрам, состоянию активности. Геодинамику таких блоков (микроплит, микроблоков с поперечником в первые десятки километров), перемещающихся в теле литосферы по внутрикоровым «астеносферам», Дж. Дьюи, и А. Сенгора назвали «шоловой тектоникой» (от немецкого Scholl - клочок земли, а сами блоки получили название «шоли»).

Трудность объяснения активного проявления шоловой тектоники регионального масштаба на основе теории литосферных плит вызваны постулатом об абсолютной жесткости всего ансамбля литосферных плит и внутриплитных структур, предопределяющим синхронность в кинематике не только отдельной литосферы и ее внутриплитных структур, но и всего ансамбля литосферных плит и их блоков, что в целом противоречит действительности (ограниченные по простиранию очаги землетрясений, а не по всему шву литосферной плиты, разномасштабные тектонические нарушения с локальными участками вертикальных и горизонтальных смещений, природа гипоцентров и т.д.) [Gerya et al., 2015].

Концепция двухъярусной тектоники плит [Лобковский, 2000; Астафьев, 2016 Деменицкая, 1975] заключается в обдукции верхнего слоя континентальной коры при субдукции литосферных плит, т.е. одновременное протекание геодинамических обстановок субдукции и континентальной коллизии – первая для литосферных плит по классической схеме субдукции, вторая – для верхнего слоя континентальной плиты. По своей сути концепция двухъярусной тектоники представляет собой альтернативный контракционной гипотезе сценарий горообразования. Концепция объясняет причины утолщения земной коры, формирования горных хребтов и высоких плато, повышенный тепловой поток, миграцию сейсмоактивности, механизм отторжения и аккреции чужеродных блоков (террейнов). Американские тектонисты [Кокс и Харт, 1989] положительно оценивают концепцию двухмасштабной конвекции, при которой выделяются механизмы конвекции мелких тектонических плит, проскальзывающей

верхней части континентальной коры, участвующих в обдукции как активные элементы, и режим конвекции литосферных плит на уровне астеносферы [Yumao Pang, et al., 2020].

Важнейший источник внутреннего тепла Земли – энергия глубинной гравитационной дифференциации, т.е. выделение тепла при перераспределении вещества Земли по плотности при его химических и фазовых превращениях. Выпадение железоникелевой составляющей жидкого ядра на границе с твердым ядром сопровождается выделением эквивалентного количества тепла [Сорохтин, Ушаков, 1993; Пушаровский, 2004]. Другим источником генерации тепла [Баркин, 1996] представляется вековой дрейф центра масс Земли, обусловленный движением плит и за счет барицентра с Луной, что создает эксцентриситет во внешнем ядре в процессе суточного вращения Земли, что способствует мощной генерации тепловой энергии, отвод которой осуществляется конвективным процессом в группировках коромантийных секторов, и это является важной составляющей силы, движущей литосферные плиты.

Анализ любого экзогенного природного геологического процесса, независимо от агента воздействия, показывает, что объект к событию длительно подготавливается эндогенным геодинамическим воздействием. Активный тектогенез, дислоцированность, напряженность, трещинообразование, флюидопоступление, сейсмичность, магматизм, теплообмен, геохимические и геофизические поля – это все агенты, нарушающие структурные связи массива, повышающие пористость, способствуют интенсивному выветриванию и активизации эрозионных процессов, влияют на эволюцию биоты, ограниченной определенным пространством [Steven Trewick, 2017].

Геодинамика, как наука о физической сущности процессов эволюции твердой Земли, призвана давать логические объяснения этим процессам на основе фундаментальных законов физики, химии и математического аппарата [Юдин, 2005; Парначев, 2001], для чего использован комплекс признаков-индикаторов, сопровождающих тектономагматические факторы эндогенного геодинамического проявления (статические, физические, геохимические поля).

Исходя из принципа наименьшей энергии системы, геодинамический процесс следует рассматривать как единственное решение самой системой возникшего энергетического дисбаланса. С этой точки зрения общество имеет какое-то представление о способах разрядки планетой избыточной своей энергии, но не знает,



как проявляется в природе недостаток энергии, и бывает ли недостаток энергии у Земли.

Можно предположить, что геодинамика как физический процесс, программируемый планетой, в зависимости от избыточного энергетического потенциала, проявляется на трех уровнях воздействия. Наибольший потенциал, очевидно, используется для создания условий возникновения геодинамических обстановок, второй уровень это тектонические проявления, землетрясения, вулканизм, магматизм, которые происходят и на первом уровне. Наконец, третий уровень проявления - это непрерывные экзогенные геодинамические процессы, которые тем интенсивнее воздействуют на геоэкологическую среду, чем интенсивнее происходят эндогенные события.

Эндогенная активность является причинным фактором активизации экзогенных процессов и одним из признаков этого является устойчивая приуроченность последних к тектоническим нарушениям и узлам разноранговых разрывных структур, очаговым зонам сейсмической и вулканоплутонической активности [Яроцкий, Чотчаев, 2016; 2019], отмечаемая на всем пространстве развития Альпийской складчатости.

Состояние активности эндогенной геодинамики проявляется линеаментами глубинных тектонических нарушений кавказского простирания (контролирующие выходы минеральных источников), проявлениями землетрясений, складчатой дислоцированностью массива, трещиноватостью, геохимическими и геофизическими полями, сейсмичностью и особой индикационной характеристикой активного состояния – сейсмодислокациями.

Уровень воздействия на геоэкологическую среду эндогенных и экзогенных геодинамических процессов характеризует широко развитые по площади различные генетические типы четвертичных образований, формирующие многочисленные очаги опасных экзогенных геологических процессов [Zaalishvili et al., 2019].

Рельеф местности, являясь структурой эндогенного проявления, отображает многие элементы тектонической деятельности, выраженные в геоморфологии. С внедрением технологий дистанционного зондирования поверхности Земли с различным разрешением открылись возможности картирования геологических структур разных порядков, в том числе и тектонических.

Для геоморфологического анализа местности широко используются многоспектральные изображения LANDSAT (тематический картограф с пространственным разрешением 30 м), изображения LISS IV (пространственное разрешение 5,8 м) и изображения CARTOSAT (пространственное разрешение 2,5 м). Изображения имеют такие характеристики, как тон, текстура, форма, размер и узор, которые учитываются для «понимания» или дифференциации местности.

Структура геоморфологии дает четкое представление о порядке взаимодействия между элементами поверхности и тектоническими процессами, а также об особенностях влияния климатических условий [Bull, 1991; Bull, McFadden, 1977; Keller, Pinter, 2002; Burbank, Anderson, 2001; Peters, Van Balen, 2007]. Исследования по геоморфологической структуризации рельефа проводили. На основании этих работ делается вывод, что исчерпывающее изучение геоморфологических характеристик позволяет прогнозировать изменение ландшафта и эволюцию речной системы в результате тектонической деятельности.

Геоморфологическое дифференцирование рельефа имеет большое значение в идентификации активных тектонических структур, в их классификации на структуры активные, умеренно активные и малоподвижные, в определении скорости протекания активного тектонического процесса [Zaalishvili, 2000; Чотчаев и др., 2016а; 2018а].

Одним из геоморфологических индексов, характеризующим тектонику территории, является фактор асимметрии [Keller, Pinter, 2002], определяемый отношением площади справа от основного потока ко всей площади водосбора. Если водная система развивается на местности с однородной литологией и незначительным развитием структурных нарушений, значение коэффициента асимметрии будет равно 50. Однако для местности связанной с активными тектоническими структурами коэффициент асимметрии будет значительно отличаться от этой величины. Это связано возникновением силы Кориолиса в подвижных водных системах, действующей на правые берега в Северном полушарии и, наоборот – на левые берега в Южном полушарии. При общей тектонической раздробленности бассейновой части реки смещение русла вправо будет тем заметнее, чем интенсивнее проявляются тектонические процессы. По уровню пространственной асимметрии можно судить о степени развития тектонических процессов на территории.

Основными энергопроводящими каналами являются межблочные коровые тектонические нарушения, в процессе внедрения по которым магмафлюидная струя может проявиться по-разному: может внедриться интрузией, сместить блоки, создав условия для землетрясений, вырваться наверх и извергнуться вулканом.

Тектонический разлом связывает литосферу с атмосферой со всеми вытекающими последствиями транзита газов и растворенных элементов в восходящем и нисходящем режимах. В нисходящем потоке в литосферу поступает кислород за счет органических веществ биосферы. В восходящем потоке растворенные элементы и летучие компоненты вместе с ювенильными и мантийными водами перемещаются вверх за счет энергии конвективного течения мантийных струй.

По тектоническим нарушениям поднимаются к дневной поверхности растворимые и летучие элементы геохимических ореолов скрытых месторождений, пересекаемых разломом, которые могут содержать пары тяжелых и радиоактивных элементов.

Экспериментальными исследованиями современных движений земной коры, на геодинамических полигонах различного назначения, выявлены два вида геодинамических движений: циклические с различной продолжительностью периодов и трендовые, сохраняющие в течение длительных периодов постоянную направленность. На безопасность наземных сооружений и объектов подземного пространства оказывают влияние оба вида геодинамических движений. Интенсивные локальные аномалии вертикальных и горизонтальных движений, приуроченные к зонам разломов различного типа и ранга [Макеев и др., 2019а; Николаев, 1988]. Эти аномальные движения возникают циклично, а иногда и пульсационно, на фоне трендовых тектонических подвижек, характеризуются высокоамплитудными (до 50- 70 мм/год) смещениями, пространственно локализованы в интервалах 100-1000 м, имеют периодичность проявления от 0,1 до одного года и обладают пульсационной и знакопеременной направленностью. Проявления знакопеременных геодинамических движений в активных тектонических структурах приводит к разжижению массива горных пород в тектонической зоне [Сашурин, 2010].

Вся гамма наблюдаемых циклических знакопеременных и трендовых движений свидетельствует, что основным свойством геологической среды, особенно в разломных зонах, является нахождение ее в непрерывном движении. Движение выступает как

форма существования геологической среды. В связи с этим роль и место современной геодинамики трудно переоценить в фундаментальной сфере наук о Земле, но еще более важна ее роль в решении практических задач по обеспечению безопасности объектов, связанных с освоением территорий с активной неотектоникой.

Активный разлом означает наличие связи с энергетическим очагом, т.е. проявления напряжений, деформаций, сейсмичности, присутствие изменяющихся по амплитуде импульсных электромагнитных полей, геохимических ореолов, на молекулярном уровне разрушающих геосреду и являющихся абиотическими факторами для фито-и микробиоценоз.

Различные авторы по-разному интерпретируют понятие «активный разлом». Так, С.А. Несмеяновым [Несмеянов, 2004] активность разлома оценивается по степени воздействия на инженерное сооружение, что следует понимать как прикладную интерпретацию (хотя тектоническое воздействие может быть соизмеримо с гравитационной осадкой сооружения, что не означает отсутствие активности у разлома). Разные исследователи активность разлома оценивают по времени последнего проявления в интервале от голоцена [Allen, 1975] до порядка 400 тыс. лет [Никонов, 1994] или предлагают ограничить интервал активного проявления разлома сроком 100-150 тыс. лет [Трифонов, 2008].

Активность разлома, по мнению автора, может выражаться не только динамическим воздействием, но и проявлениями аномальных механических, геофизических и гидрогеодеформационных полей, геохимическим воздействием на современную кору выветривания и ослаблением структурно-текстурных связей, потерей инженерных свойств пород, благоприятствующие интенсивному развитию экзогенных процессов, нарушению ландшафта, созданию очагов опасных экзогенных процессов, оголению склонов, уничтожению растительности.

По оценке новозеландских и южноамериканских экологов негативное воздействие тектонических нарушений на такую важную экосистему, как лесные массивы на территориях Чили и Новой Зеландии, может быть сопоставимо с влиянием пожаров [Veblen et al., 2016].

Продвижение вверх сингенетических и ювенильных вод и летучих компонентов из коровых пород и восходящих мантийных струй по тектоническим нарушениям и зонам трещиноватости происходит до определенного давления, удовлетворяющего

уравнению (Менделеева-Клайперона) состояния идеального газа  $p=RT/V$  ( $p$ -давление,  $R$ -универсальная газовая постоянная,  $T$ -температура газа,  $V$ - объем газа) где они, смешиваясь с пластовыми водами, временно повышают уровень гидросферы. После разрядки эндогенной энергии происходит обратный отток и восстановление ювенильных вод уже иного минерального состава. Этим достигается их круговорот в системе гидросферы. В этот круговорот вовлекаются поверхностные загрязненные и руднично-скажинные техногенные воды гидросферы. Без эндогенной деятельности такой круговорот был бы невозможен и в этом одна из многих геодинамических экологических функций литосферы [Матишов, Парада, 2015].

Подъем уровня подземных вод и изменение ее минерального состава в период развития эндогенного воздействия, используемый как способ краткосрочного прогнозирования землетрясений, здесь рассматривается с позиции элементного соотношения минерального состава до и после события, позволяющее увязать энергетический очаг с определенным уровнем коры, литосферы или верхов мантии.

Ювенильные воды имеют среди преобладающих анионов карбонатный (гидрокарбонатный) ион, среди катионов – натрий или калий. Учитывая, что на территории преобладающий тип минеральных источников гидрокарбонатные натриево-кальциевые или кальциево-натриевые, присутствие в них ювенильных вод, участвующих в круговороте под действием эндогенной геодинамической энергии, трудно опровергнуть [Хаустов, 2011].

Анализ комплекса динамических и физико-химических показателей, сопровождающих землетрясения как формы проявления геотектонической активности в виде физико-механических, геофизических, геохимических, гидрогеодинамических полей в зонах активных нарушений позволяют прогнозировать площади активизации экзогенных геологических процессов и сценарии их развития во времени [Заалишвили, 2000; 2009]. При этом закономерная приуроченность к активным разломам очагов опасных экзогенных геологических процессов может быть использована для решения обратной задачи трассирования тектонических нарушений на закрытых участках и палеореконовструкций землетрясений, связанных с определенными разломами по сохранившимся эрозионным накоплениям, что очень важно для прогнозирования эндогенного воздействия.

Прогнозируемое землетрясение на Южном острове Новой Зеландии по Альпийскому глубинному разлому с 85% вероятностью магнитуды  $M = 8$  по шкале Рихтера должен будет активизировать оползень, воздействию которого подвергнется площадь более чем  $30000 \text{ км}^2$ , и переместит свыше  $1,0 \text{ млрд. м}^3$  грунта. Заиливание рек на площади более  $125 \text{ км}^2$  может составить  $3 \text{ м}$  [Robinson et al., 2013]. Воздействие такого масштаба экзогенного процесса на геоэкологическую среду будет иметь катастрофические последствия для всего острова, и реабилитация его затянется на долгие годы.

Объекты, представляющие очаги опасных геологических процессов, связанные с ледниками и ледовокаменными глетчерами типичны для высокогорных районов современных альпид. Они в геоэкологических преобразованиях играют значительную роль динамическим воздействием разрушительного характера (глубокие рытвины, оголенные склоны, скучивание крупнообломочного материала).

Постледниковый этап активного геодинамического воздействия отчетливо проявляется на участках абляции ледников, где обнажаются активные глубинные разломы. В их пределах, в виде коротких разрывов трещинного типа, возникают нарушения, кулисообразно расположенные к глубинному разлому, и составляющие с ними единые линеаменты, ориентированные согласно орогену. Эти нарушения возникают не за счет землетрясений, а как остаточные деформации в периоды сейсмического затишья. Наблюдения в Швейцарских Альпах показали, что максимальной скорости подъема поверхности ( $1,6 \text{ мм/год}$ ), подвержены участки последними сбросившие ледяной панцирь [Persaud, Pfiffner, 2004].

Восстановлением изостатического равновесия за счет таяния ледников, из-за мелкомасштабности ледового фактора, вряд ли можно объяснить процесс подъема поверхности, но согласно принципу всеобщей связи событий исключать его из рассмотрения нельзя.

Одна из моделей предполагает подъем поверхности (рост гор) за счет активного тангенциального сжатия орогена в меридиональном направлении и его деформируемость, возникающая при сложных превращениях эндогенной энергии Земли в механические перемещения литосферных плит, в глубинные региональные тектонические разрывы земной коры и внутриблоковые нарушения, в катастрофические землетрясения.

В эволюции Земли нет понятия прогресса или регресса и в бесконечных самообразованиях и самоуничтожениях Земли исход один – самосожжение, и это тоже в ряду ее эволюции. В многочисленных опасных эндогенных процессах с катастрофическими последствиями для людей, геоэкологических сред, экономик, фактор внезапности события всегда определял тяжесть последствий.

В декабре 1988 года в Армении произошло сильнейшее землетрясение магнитудой  $M = 6,9$ , унесшее около 25 000 человеческих жизней. Сейсмическая служба не справилась с возложенной задачей выделения признаков надвигающейся опасности и никаких предупреждений или заявлений не сделала, а точнее не смогла. Административно-организационные упущения при создании карты сейсмической опасности региона усугубили тяжесть последствий [Заалишвили, 2005].

В декабре 2004 года на побережья Индонезии, Таиланда, Шри-Ланки, Индии и других стран обрушилось разрушительное цунами, вызванное мощным подводным землетрясением. Итог – 175 тыс. жертв [Минаев, 2009]. Жертв могло быть намного меньше, или вовсе не быть при наличии квалифицированных зональных наблюдений, систем оповещения, плана и средств эвакуации отдыхающих и местных жителей.

Миграционное продвижение сейсмической активности в направлении с юго-востока на северо-запад за последние 25-30 лет (Спитакское, Рачинское или Рача-Джавское, Параванское, Чалдыранское и другие, более мелкие землетрясения [Рогожин, Хованский, 1994] уже отмечается на северных склонах Центрального Кавказа участвовавшими землетрясениями интенсивностью до 5 баллов по шкале MSK. Активизация сейсмических событий влечет интенсивное проявление экзогенных процессов в условиях высокогорной сильно дифференцированной орографии, при которой гравитация начинает играть существенную роль в перемещении материала.

В формировании основных черт современного рельефа эндогенного происхождения важная роль принадлежит так называемым новейшим тектоническим движениям, под которыми большинство исследователей понимают движения, имевшие место в неоген-четвертичное время [Несмеянов, 1971]. Рельефообразующая роль новейших тектонических движений проявляется, прежде всего, в деформации топографической поверхности, в создании положительных и отрицательных форм рельефа разного порядка [Вагнер, Панасюк, 2000]. Так, областям интенсивных тектонических погружений, как правило, соответствуют низменности с мощной толщей

осадков неоген-четвертичного возраста: Владикавказская котловина, Южная и Северная депрессии, межгорные впадины, включая троговые долины. По современным данным земная кора испытывает деформации практически всюду и разного характера: и колебательные, и складкообразовательные, и разрывообразовательные.

## **1.2 Факторы, определяющие геодинамическую активность горных территорий областей альпийского тектогенеза**

Современной геодинамической обстановке Больше-Кавказского орогена присущи напряжения сжатия, полого-надвиговые наплзания на Закавказскую микроплиту, развитие гранитоидного магматизма, интенсивное горообразование, активная тектоническая деятельность, интенсивное осадконакопление в зонах межгорных депрессий и краевых прогибов. Эти признаки типичны для геодинамической обстановки коллизии. Следствием эндогенной геодинамики являются интенсивные проявления опасных экзогенных геодинамических процессов, трансформирующие ландшафт, орографию, речную сеть, микро- и фитоценозы. Динамика геоэкологических изменений в геодинамически активных зонах (активные межблоковые тектонические нарушения, сейсмодислоцированные зоны, внутриблоковая трещиноватость, магматические внедрения, флюидные поступления) характеризуется высокой скоростью протекания эволюционного преобразования окружающей среды в сравнении с темпами таких изменений в платформенных областях или районах, закончивших свой геосинклинальный этап развития (Урал, Хибины, Верхоянский хребет) [Макеев и др., 2019б].. Такому динамизму геоэкологической эволюции способствуют неустойчивый к разрушению литологический состав пород и климатический режим (интенсивная солнечная радиация, ливневые грозовые дожди, обильные снегопады, шквальные ветры).

Суммированные за длительные геологические промежутки времени количественные результаты рельефообразующего действия эндогенных и экзогенных процессов соизмеримы. Но так как интенсивность и тех и других непрерывно изменяется и различна на разных участках, процесс рельефообразования протекает неодинаково во времени и всюду имеет свои особенности, определяемые сочетанием рельефообразующих процессов.



Одним из главных факторов широкого развития четвертичных отложений является длительное воздействие эндогенных процессов на коренные массивы и формирование современной коры выветривания, прежде чем в естественном процессе горообразования эта кора не обнажится. Тогда начнется экзогенный процесс ее разрушения и переотложений: части в морфологических понижениях для накопления и образования объекта в виде экзогенного очага опасного процесса, части в депрессиях для последующего метаморфического преобразования, а еще части воздушным либо водным транзитом далеко за пределы области.

Рассматривая земную поверхностную оболочку не только как среду генерирующую энергию за счет биологической деятельности (Вернадский, 1967), но и как область воздействия активных неорганических агентов эндогенной природы, нетрудно объяснить природу, масштабы и темпы возникновения современной коры выветривания, широкое развитие четвертичных образований, составляющих основу большинства опасных геологических процессов.

Длительное разрушающее воздействие статических напряжений и физико-химических полей на коренные массивы определяют причинно-следственную зависимость эндогенных и экзогенных геодинамических процессов, подтверждением чего служит повсеместная приуроченность очагов опасных экзогенных процессов к активным тектоническим нарушениям и их линеаментам. Активные тектонические нарушения обладают к тому же биологическим действием через физические поля-индикаторы, влияющие не только на геоэкологию территории, но и на экологическую эволюцию.

Литосфере принадлежит весьма важная роль в жизнеобеспечении биоты, включая человеческое сообщество [Трофимов, Зилинг, 2002; Trofimov, 2005; Куриленко, Хайкович, 2012; Trofimov, Kurilenko, 2015]. В первую очередь она определяет роль минеральных и энергетических ресурсов, а также литосферного пространства для жизни и развития биоты в качестве среды обитания биогеоценоза. В связи с этим, в исследованиях уделено определенное внимание влиянию эндогенных геодинамических процессов на формирование особых геоэкологических условий организации популяций биоты [Куриленко, Хайкович, 2012; Trofimov, Kurilenko, 2015].

С целью выявления закономерностей варьирования фенотипических изменений растений-индикаторов в зоне Главного надвига (одной из основных тектонических

нарушений, ограничивающих территорию с севера) были проведены специальные исследования методом визуальной дендроиндикации нетипичных фенотипических изменений за рядом ценозобразующих пород деревьев – береза повисшая (*Betula pendula*), б. Литвинова (*B. litwinowii*) и б. Радде (*B. raddeana*); клён Траутфеттера (*Acer trautvetteri*), бук восточный (*Fagus orientalis*), сосна Коха (*Pinus kochiana*) и фотоиндикация последствий схода ледника Колка [Вьюхина, 2008; Вьюхина и др., 2013; Комжа, Заалишвили, 2014], показавшие присутствие в пределах зон тектонических нарушений аномальные воздействия геофизических полей, выразившиеся в аномальном превышении уровня абберации хромосомов (АХр) в клетках меристематической ткани эдификаторов

Эндемики активных тектонических зон отмечаются в разных частях Земного шара. Приводятся данные, указывающие на обмен ихтиофауной между верховьями реки Рио-Токантинс и ее речными стоками Рио Парагвай, Рио-Парана, Рио-Сан-Франциско и Рио-Сингу. Все виды рыб, встречающиеся в этих притоках и в верховьях самой реки, относятся к родственным таксонам, а сами приведенные водоемы располагаются в активной тектонической зоне [Flavio Lima and Alexandre Ribeiros, 2011].

На основе исследований ареала распространения растения *Simplexia* делается вывод, что оно является эндемиком для активного тектонического нарушения Veihemo (Otaho) между Западной и Восточной провинциями. [Michael Heads. 2018]. Влияния землетрясений и извержений вулканов на экосистемы хорошо отслеживается на примере трансформаций деревьев, что может быть использовано для локализации палеоземлетрясений [Muir Wood, 1987].

Экологические аспекты влияния эндогенных геодинамических процессов ограничиваются в работе единичными примерами для территории, указывающие на актуальность проблемы.

В естественном залегании на большой глубине без влияния климатических условий породы длительное геологическое время подвержены динамическому (за счет геотектоники) и химическому (гидротермами, пластово-трещинными водами) воздействию эндогенных процессов. Изменения структурно-вещественного состава за счет длительного термохимического, физико-механического воздействий интенсивных эндогенных процессов приводят и к ослаблению межмолекулярных связей. Такие массивы при обнажении на дневную поверхность за счет воздымания гор уже

неустойчивы и подвержены быстрому разрушению. Зависимость экзогенных процессов от эндогенной активности предполагает особое внимание к глубинным геодинамическим процессам. И не только в пределах исследуемой территории, но и на сопредельных территориях, характеризующихся активными сеймотектоническими условиями. При этом под тектоническим условием понимаются активные тектонические проявления, как ощущаемые человеком в виде землетрясения, так и неоощущаемые, но регистрируемые сейсмическими приборами в принятом режиме их чувствительности, так как геологическая структура во всех случаях находится в напряженно-деформированном состоянии.

Маркирующими факторами проявления эндогенных геодинамических процессов, в первую очередь, являются землетрясения, глубинные разломы, пересечения активных глубинных тектонических нарушений (в масштабах мощности земной коры – Тибский Цесский, Адайком-Казбекский, в масштабах литосферных плит – Главный и Южный надвиги) субширотного простирания с коровыми тектоническими нарушениями транскавказской (субмеридиональной) ориентировки, рой или зоны гидротермальных и минеральных восходящих источников [Стогний, Стогний, 2017]. Такие узлы пересечения могут быть частью магмофлюидодинамической системы конвективных каналов, представляющих собой внутрикоровые элементы ансамблей коромантийных плит. В этом случае пересечения интересны не только как зоны возникновения очагов землетрясений, но и как магмаподводящие каналы из мантийной среды.

Индикаторами проявления активных геодинамических процессов служат аномальные характеристики динамических и геофизических, геохимических полей, изменчивый состав и содержания минеральных элементов в пластовых водах в пространственно-временной зависимости от эндогенного сеймотектонического события, эманации радона.

Установлено, что концентрации диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ), радона ( $\text{Rn}_{222}$ ) и газообразной элементарной ртути ( $\text{Hg}$ ), отобранных в почвенных пробах на десяти участках вдоль зон сейсмически активных тектонических разрывов, образовавшихся при землетрясении с магнитудой  $M_s$  8.0 от 12 мая 2008 г. в провинции Wenchuan, что эманации диоксида углерода  $\text{CO}_2$ , ртути  $\text{Hg}$  и радона  $\text{Rn}$  в атмосферу из нарушения превышают их фон вне разрыва, что дало основание рекомендовать планировщикам

землепользования обязательно включать измерения этих элементов при оценке зон возможного риска [Xiaocheng Zhou et al., 2016]

Новейшими проявлениями глубинных геодинамических процессов являются сеймотектонические разрывы, т.е. прямые признаки 8-10 балльных сейсмических проявлений, имевших место в голоцене. В большинстве своем они располагаются на гребневых и пригребневых участках и выражаются в виде рвов, желобов, рытвин шириной до 10 м и протяженностью до 3-4 км. Зачастую выделяются целые зоны кулисообразных рвов, прерывисто прослеживающихся, как правило, в субширотном направлении. В отдельных случаях наблюдается «расщепление» гребней вдоль их простирания, как результат разгрузки сконцентрированной в пригребневой части сейсмической энергии. Часто по новейшим сейсмодислокациям смещаются современные формы рельефа (гребни, контрфорсы, балки, желоба и пр.). Так, в правом борту р. Зарма, в верховьях зафиксировано перемещение контрфорса меридиональной ориентировки на 50 м в плане и на 40 м по вертикали. Как правило, сейсмодислокации тяготеют к основным крупнейшим тектоническим разрывам. Максимальная их концентрация фиксируется по Тибскому и Нарскому разломам. По протяженности и ширине полосы развития Нарская зона новейших сеймотектонических разрывов не имеет себе равных на всем Северном Кавказе. Большинство оползневых образований можно отнести к сейсмогенным. Анализ геологической информации и данные геофизических исследований подтверждают, что район Зарамагской высокогорной плотины является одним из активнейших блоков земной коры на территории Большого Кавказа, находясь при этом в зоне влияния Ардонского разлома. Разнозначные перемещения по вертикали отдельных блоков могут достигать здесь 8-12 мм в год. По историческим данным и материалам АН СССР в XX столетии в районе было зафиксировано более 10 землетрясений силой от 4 до 8 баллов, а с учетом сопредельных, находящихся в непосредственной близости территорий (Грузия, Южная Осетия, Кабарда), их было значительно больше. В 1905 и 1911 годах в районе с. Зарамаг землетрясениями были полностью уничтожены села Даллагкау и Гинат. Более поздние сейсмоудары (1915, 1917, 1925, 1930-1937гг.) концентрировались на участке створа плотины каскада Зарамагских ГЭС и в районе с. Цми.

Зарамагское водохранилище расположено на слиянии рр. Нардон и Мамисондон, они ограничивают с северо-востока и северо-запада крупнейший оползень-срыв

Даллагкауский, способный перекрыть водоток р. Ардон и создать катастрофическую геозекологическую ситуацию, обусловленную высокой сейсмичностью, неотектонической активностью района, техногенным воздействием высокогорного водохранилища [Тураббаев и др., 2009]

Характеристики сейсмодислокаций, как признаки разрядки глубинной энергии Земли, (их приуроченность к активным тектоническим разломам, интенсивность проявления, пространственная ориентировка в двумерном или трехмерном проявлении, плотность от двух и более сейсмодислокаций на участке) используются в качестве методологических признаков оценки влияния эндогенного геодинамического процесса на активность экзогенных геологических процессов и геозекологическую обстановку окружающей среды.

Сейсмотектонические дислокации, в целом, представляют собой разрывную форму реакции горного скального массива или рыхлого грунта на сильные волновые воздействия [Макеев и др., 2018; Несмеянов, 1997; 2004].

Долгосрочный прогноз, сделанный на основе схемы сейсмического районирования, где по степени ожидаемого сейсмического воздействия выделяются пять уровней опасности возникновения ЭГП: незначительно опасный ( $I_{ЭГП/КС}$ ), мало опасный ( $II_{ЭГП/КС}$ ), умеренно опасный ( $III_{ЭГП/КС}$ ), весьма опасный ( $IV_{ЭГП/КС}$ ) и чрезвычайно опасный ( $V_{ЭГП/КС}$ ), относит горные территории Республики Северная Осетия-Алания к  $IV_{ЭГП/КС}$  уровню - весьма опасному.

### **1.3 Гидрогеологические особенности**

Гидрогеологические особенности являются важным признаком проявления глубинной геодинамической активности. Минерализованные источники указывают на литолого-фациальный состав водосодержащих пород, термальные выходы сопровождают активные разломы, имеющие пространственную связь с петротермальным источником, свидетельствующим о магматизме или палеовулканизме. Согласно схеме гидрогеологического районирования исследуемая территория относится к водонапорной системе горст-антиклинория Главного (Водораздельного) хребта.

Согласно схеме гидрогеологического районирования исследуемая территория относится к водонапорной системе горст-антиклинория Главного (Водораздельного) хребта центральной части мегантиклинория Большого Кавказа с мелкими

артезианскими бассейнами межгорных впадин [Донцов, Цогоев, 2001]. Из-за крутого падения пород площадь распространения артезианских бассейнов ограничена, а области питания сравнительно невелики. В этих условиях большую роль в качестве основных водоконтролирующих структур приобретают системы дизъюнктивных нарушений и сопровождающие их зоны повышенной трещиноватости пород.

Горно-складчатые сооружения Большого Кавказа представляют собой преимущественно бассейны трещинных, пластово-трещинных, реже трещинно-карстовых вод зон разгрузки и выветривания массивов горных пород, а также, трещинно-жильных вод зон тектонических нарушений и интрузивных контактов.

По условиям залегания и особенностям гидродинамического режима подземные воды района делятся на безнапорные и напорные. По своему химическому, газовому составу и концентрации биологически активных веществ их можно разделить на пресные и минеральные. По схеме зонального распространения минеральных вод Северного Кавказа рассматриваемую территорию можно отнести к районам, преимущественно, углекислых гидрокарбонатно-кальциевых, гидрокарбонатно-хлоридных натриевых вод с минерализацией до 4-7 г/дм<sup>3</sup> и содержанием CO<sub>2</sub> до 2 г/дм<sup>3</sup>.

С учетом геологического строения района, литолого-фациального состава водосодержащих пород, условий и характера залегания подземных вод, в исследуемом районе можно выделить следующие основные типы подземных вод:

–трещинные, пластово-трещинные, реже трещинно-карстовые безнапорные и напорные воды в породах терригенной и карбонатной формаций мезозойских образований (J3-K1); трещинные, трещинно-жильные воды кристаллических пород протерозоя (PR) и палеозоя (PZ); минеральные воды коренных пород, циркулирующие, преимущественно, в зонах дробления тектонических нарушений.

–трещинные, пластово-трещинные и реже трещинно-карстовые безнапорные и напорные воды в терригенно-карбонатных породах мезозоя характеризуются часто встречаемыми водопроявлениями в виде пресных нисходящих и восходящих родников, а также минеральных источников. Большинство водопроявлений локализуется в местах пересечений речных долин и крупных эрозионных врезов с тектоническими нарушениями. Часто наблюдаются слабые напоры от 0,5 до 5 м. В единичных случаях встречены напоры +9 и +40 м. Отмечаются выходы подземных вод, приуроченные к межпластовым трещинам в массивных известняках и известковистых песчаниках по

долине р. Мамисондон. Вода по составу гидрокарбонатная кальциевая и кальциево-магниева с минерализацией 0,3-0,5 г/дм<sup>3</sup>. Температура вод от 5-8 до 16°С. Вблизи тектонических разломов минерализация вод может увеличиваться до 2-3 г/дм<sup>3</sup> с содержанием углекислоты до 1,5 г/дм<sup>3</sup>. При этом прослеживается вертикальная зональность, а именно: наиболее минерализованные воды с большим содержанием СО<sub>2</sub> залегают ниже по разрезу, тяготея к глубоко врезынным частям долин.

К наиболее водоносным породам относятся терригенно-карбонатные породы (известняки, мергели, сланцы, аргиллиты, песчаники) юры и нижнего мела (J3-K1), а так же тектонически раздробленные и трещиноватые породы.

Центральная и юго-западная часть рассматриваемого района сложена глинистыми сланцами мезозойских образований, т.е. относительно водоупорными породами и характеризуется малыми проявлениями пресных и минеральных вод.

Южная и юго-западная часть района (долина р. Мамисондон) обводнена более интенсивно, что объясняется, прежде всего, литологическим составом терригенно-карбонатных пород (известняки, мергели, песчаники, аргиллиты), а также наличием большого количества тектонических нарушений. Можно предположить, что размеры дизъюнктивных структур влияют на количество и интенсивность минеральных источников углекислых подземных вод. Закономерности пространственного распространения источников минеральных вод отражают их генетическую связь с отдельными структурно-фациальными зонами, расположенная к юго-западу от разлома. Здесь преобладают выходы углекислых, слабо минерализованных подземных вод гидрокарбонатного кальциевого, гидрокарбонатного натриево-кальциевого состава с минерализацией 2,5-3,5 г/дм<sup>3</sup>. Температура воды колеблется от 4 до 18°С. Минерализация гидрокарбонатных натриевых вод колеблется от 3 до 9 г/дм<sup>3</sup> с содержанием углекислоты 1,4-3 г/дм<sup>3</sup>.

В соответствии с литологическими особенностями коренных пород, условиями их обводненности, а также особенностями химического состава, содержащего информацию о глубинном источнике геодинамической энергии, интерес представляют водоносные комплексы отложений нижнего мела и нижней-средней юры.

По химическому составу среди вод нижнемеловых отложений выделяются два типа: гидрокарбонатные натриевые, натриево-кальциевые и гидрокарбонатные кальциевые, кальциево-магниевого.

Размещение первого типа вод контролируется зоной Тибского разлома. С Тибским разломом связаны и такие месторождения углекислых минеральных вод как Тибское (ист. Тиб - 1,2,3, скважины 1,4,5,6,15), Зругское (ист. Хасиевские - 1,2,3, скв. №10), Заккинские источники (ист. Закка - 1,2,3). Минерализация данных вод колеблется в пределах 4-7 г/л, содержание  $\text{CO}_2$  до 1-2 г/л. Распространение второго типа вод - гидрокарбонатных кальциевых, кальциево - магниевых связано с разломами менее глубокого заложения - Халацинскими и другими продольными нарушениями. Из водоносного комплекса отложений нижней-средней юры в центральной и южной частях сланцевой депрессии скважинами №№ 12,16,17 выведены на поверхность гидрокарбонатные натриевые воды с минерализацией до 4 г/л, содержанием  $\text{CO}_2$  - 1 г/л, дебитом 0,014 л/с (скв 12). Химический состав этих вод в периоды подготовки эндогенного процесса и затишья будут отличаться, если присутствует эндогенный геодинамический фактор энергетического воздействия на водоносный горизонт.

Обобщая проведенный анализ, следует сказать, что современное состояние геодинамической активности структур Альпийского типа является очередным этапом в многочисленной череде всплесков и затуханий за всю геологическую историю развития Альпийской складчатой системы. Системы альпид представляют интерес в туристско-рекреационных целях изрезанной орографией, экстремальными маршрутами, красивыми пейзажами, снежными вершинами, минеральными источниками, чистым воздухом. Тектонической активности подвержены Альпы, альпиды Новой Зеландии, Карпаты, Крым, Кавказ, Чилийские Анды, Кордельеры.

Активность Большого Кавказа увязывается с геодинамической обстановкой жесткой континентальной коллизии, когда коллизийные структуры подпираются более мощными литосферными плитами, типа Аравийской с юга, подпирающей Закавказскую плиту, а через нее Южную микроплиту-террейн, и Евразийской с севера подпирающей Скифскую плиту. Геодинамическая обстановка коллизии является наименее глубинной и наиболее активно протекающим циклом в геологической истории.

Основными факторами воздействия эндогенной геодинамической активности на границе литосферы и атмосферы на геоэкологию в порядке ранжирования являются:



1. Тектонические разрывные нарушения мантийного продолжения, внутрикоровые, (зоны трещиноватости землетрясения, сейсмодислокации, напряженно-деформированное состояние среды).

2. Вулканизм (Казбек-Теплинский центр).

3. Магматизм.

4. Метаморфизм.

Основная опасность землетрясений - разрывы сплошности пластов, сотрясения и выведение из равновесия очагов опасных экзогенных геологических процессов, ледников, каменных глетчеров и в особенности лавин.

Как показатели эндогенной активности, определяющие положительную динамику в эволюции гор, отмечаются не только землетрясения, но и система сейсмодислокаций, проявляющаяся в виде рытвин, рвов, обвалов, точечных сейсмических воздействий. При этом постледниковый этап активного геодинамического воздействия отчетливо проявляется на участках абляции ледников, где обнажаются активные глубинные разломы.

#### **1.4 Выводы**

1. Существующие модели обеспечения и проявления энергетического баланса Земли разработаны на основе соответствия физическим и химическим законам, основополагающим постулатам геологических наук о геосферном формировании и вещественного содержания Земли, фактических данных о геотектонических, вулканических, магматических структурах, установленных на базе инструментальных наблюдений.

2. Структурами-индикаторами, регистрирующими характерные особенности воздействия глубинной геодинамической энергии на геоэкологическую среду, являются проявления геодинамической обстановки, как циклического этапа геологического преобразования, горообразования, вулканизма, тектонических разрывных нарушений, землетрясений в виде локальных зон возникновения очагов, сейсмодислокаций, динамические воздействия в виде дислокаций, влияние физических полей и геохимических ореолов и, наконец, экзогенные последствия на геоэкологическую среду эндогенной геодинамической активности (практически полный комплекс генетических типов опасных экзогенных геологических процессов, сопровождающих тектоническую

структуру). Типичные для горной территории экзогенные опасные геологические процессы: сели, лавины, оползни, сходы ледников, камнепады, обвалы, прорывы открытых и закрытых водонакопителей и пр.).

3. Одним из главных факторов широкого развития четвертичных отложений является длительное воздействие эндогенных процессов на коренные породы и формирование современной коры выветривания, прежде чем в естественном процессе горообразования, эта кора не обнажится и не начнется экзогенный процесс ее разрушения и переотложений.

4. Индикаторами проявления активных геодинамических процессов служат аномальные характеристики статических (механических), геофизических, геохимических полей, изменчивый состав и содержание минеральных элементов в пластовых водах в пространственно-временной зависимости от эндогенного события, эманации радона.

5. Негативные геоэкологические последствия эндогенных процессов, в виде склоновых оползаний лесных массивов и растительного слоя высокогорья, приурочены к зонам активных тектонических нарушений, наносят ущерб экосистеме и ландшафту, активизируют дальнейшее развитие опасных экзогенных процессов в очагах.

6. Несмотря на достаточно большое число исследований особенностей геодинамических процессов тектономагматического характера, их взаимосвязи с геоэкологическим состоянием горных территорий (окружающей среды) недостаточно глубоко выявлены и нуждаются в отдельном, детальном рассмотрении и определении.

## ГЛАВА 2. ВЛИЯНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ЭВОЛЮЦИЮ ТЕРРИТОРИИ

### 2.1. Физико-географический потенциал территории.

Территория предполагаемого строительства рекреационного комплекса «Мамисон» входит в состав Алагирского района РСО-Алания, объединяет 13 поселений с населением общей численностью 110 человек на 2020 г. в составе местного самоуправления Зарамагского сельского поселения (с. Н. Зарамаг), расположена в верховьях р. Ардон на северном склоне Главного хребта Большого Кавказа (Рисунок 2.1).

В исторической ретроспективе район давно освоен. Расстояние от с. Н. Зарамаг до г. Алагир (ближайшая железнодорожная станция) 47 км и до г. Владикавказ - 87 км (Рисунок 2.1). По территории через Мамисонский перевал проходит Военно-Осетинская дорога, связывающая Северный Кавказ с Южным Кавказом. Территория захватывает долину р. Адайком, которая в настоящий момент практически не освоена, так же как и верховья р.р. Мамисондон и Зруг

Археологический интерес представляют памятник федерального значения «Нузальская часовня XII века» и древние захоронения Зарамагской котловины. Исторический интерес представляют сторожевые башни, а их ансамбль особенно впечатляет в Лисри.

Историко-культурным наследием является родовое имение и музей основателя осетинской поэзии К.Л. Хетагурова, расположенное на реке Нардон между долинами Мамисондон и Зруг.

**Физико-географические условия. Рельеф.** Особенность Мамисонского ущелья в том, что правый его борт - Главный хребет- меняет свое направление с общекавказского на меридиональное простирание и соединяется с Боковым. Эта орографическая особенность создает особые геологические и климатические условия. Современная тектоника сформировала как наиболее высокие структуры рельефа, так и заполненные четвертичными отложениями структуры межгорных впадин. Высочайшими вершинами района являются Адайхох (4405 м), Халаца (3938 м), Бубухох (3245 м), ВЦСПС (4072 м), Зарамаг (4202 м), Кози-хох (3687 м), Техта (3132 м),

Зекара (3828 м), Дзедо (3451 м), Взруджехох (3544 м) и Гинатхох (3225 м). Отметки водоразделов - перевалы Кударский (3148 м), Мамисонский (2829 м), Козский (3072 м), Зругский (2789 м), Дзедо (2994 м).

Относительные превышения водоразделов над поймами рек Мамисондон, Адайкомдон и Зруг составляют от 350 м до 1500 м

**Климатические условия.** Расчлененный рельеф территории создает особый климат горного типа, характеризующийся ярко выраженной вертикальной зональностью, изменяясь от умеренно - континентального в нижней части долины до нивального на высотах свыше 3000 м, обуславливая возникновение долинных ветров. Первый снег здесь выпадает в конце октября, заканчиваются снегопады в конце апреля, все это время, таким образом, создавая значительную лавинную опасность. Мощность снегового покрова в среднем составляет 40-50 см, иногда достигая 1,0 м. Известны случаи для территории максимального выпадения снега до 3,2 м. Суточный максимум осадков 30-40мм отмечается практически ежегодно и является селеобразующим.

Климатической особенностью района является внезапное выпадение интенсивных кратковременных осадков на локальных площадях, вызывающих активизацию опасных геологических процессов (сели, паводки, эрозия, оползни, плоскостной смыв).

На высотах 2200-3000 м господствуют субальпийские и альпийские луга. Под ними развиты горно-луговые почвы мощностью до 30 см с небольшим содержанием гумуса и коэффициентами фильтрации от 0,05 до 0,4 см/мин. На этих площадях большая часть атмосферных осадков растекается в виде поверхностного стока, активизируя процессы плоскостного смыва и линейной эрозии.

**Речная сеть и минеральные источники.** Основные водные артерии района рек Адайкомдон, Мамисондон и Зруг являются притоками III порядка. Воды их впадают в р. Ардон, а затем р. Терек. Их разветвленная сеть притоков состоит из 107 водотоков, основу водного питания которых составляют ледники, снеготаяние, атмосферные осадки, грунтовые (подземные) воды.

Половодье высокое и продолжается до сентября. Сток за период половодья составляет 50-80% для крупных и средних водотоков и до 80-90% - для малых от годового объема.

Река Адайкомдон (Зарамагдон). В ее бассейне находится пять ледников общей площадью 4,5 км<sup>2</sup>, имеющие тенденцию к устойчивой абляции. Все они расположены на

южном склоне Бокового хребта. Среди ледников бассейна р. Адайкомдон наибольшим является карово-долинный ледник Зарамаг.

Река Мамисондон является левым притоком р. Ардон и начинается на стыке Главного и Бокового хребтов. В бассейне реки находятся 14 ледников общей площадью 4,25 км<sup>2</sup>, имеются ледники в истоках его притоков - Клиатдон, Земергон и Лагатком (Лисри). В приледниковых частях долины р. Земергон повсеместно отсутствуют конечно-моренные валы, что позволяет сделать заключение о равномерном отступании ледников.

Площадь водосбора р. Зруг 66,2 км<sup>2</sup>. Площадь оледенения 0,7 км<sup>2</sup> (3 ледника, которые сократились в последние 10 лет на 50%. Основные притоки - Зруг Восточный, Зруг Малый.

**Рекреационно-туристический потенциал.** Территория редко населенная. Ресурсов промышленного и сельскохозяйственного развития нет, горнорудная отрасль нерентабельна. При этом район имеет перспективы для экономического развития за счет максимального использования природно-климатических ресурсов территории в геоэкологически безопасном режиме. Этот ресурс составляют: уникальные природно-климатические условия для организации всесезонного горнолыжного комплекса и туристических маршрутов различных категорий трудности по объектам геопарка; многочисленные минеральные источники (воды углекислые гидрокарбонатные, натриевокальцевые)), наиболее крупными из которых являются: Картысуар, Калак, Камсхо, Двуголовый, Лисри и Тиб-1, Тиб-2. Наличие ГЭС на реке Ардон (Зарамагская), мощностью 346 МВт и недостроенный бальнеологический курорт Тиб; действующий высокогорный газопровод Дзуарикау-Цхинвал, газораспределительные станции которого значительно улучшат экономическую ситуацию на исследуемой территории; основа всесоюзной туристической базы Зарамаг; в 10 км севернее границы территории располагается действующий всесезонный альплагерь и турбаза «Цей», который может составить кластер комплекса; проектируется создание и развития Глобального геопарка «Горы Осетии» на 2020г и последующие годы.



Рисунок 2.1 – Панорама участков туристско-рекреационного комплекса «Мамисон»

Автор внес определенную лепту в проектирование Геопарка и предложил Мамисонский узел в качестве основы геологического наследия. Проект экономического развития территории за счет организации туристско-рекреационного комплекса «Мамисон» с перспективой единовременного пребывания до 10 тысяч туристов поддержан руководством Российской Федерации соответствующими Постановлением и Распоряжением (Приложение Б).

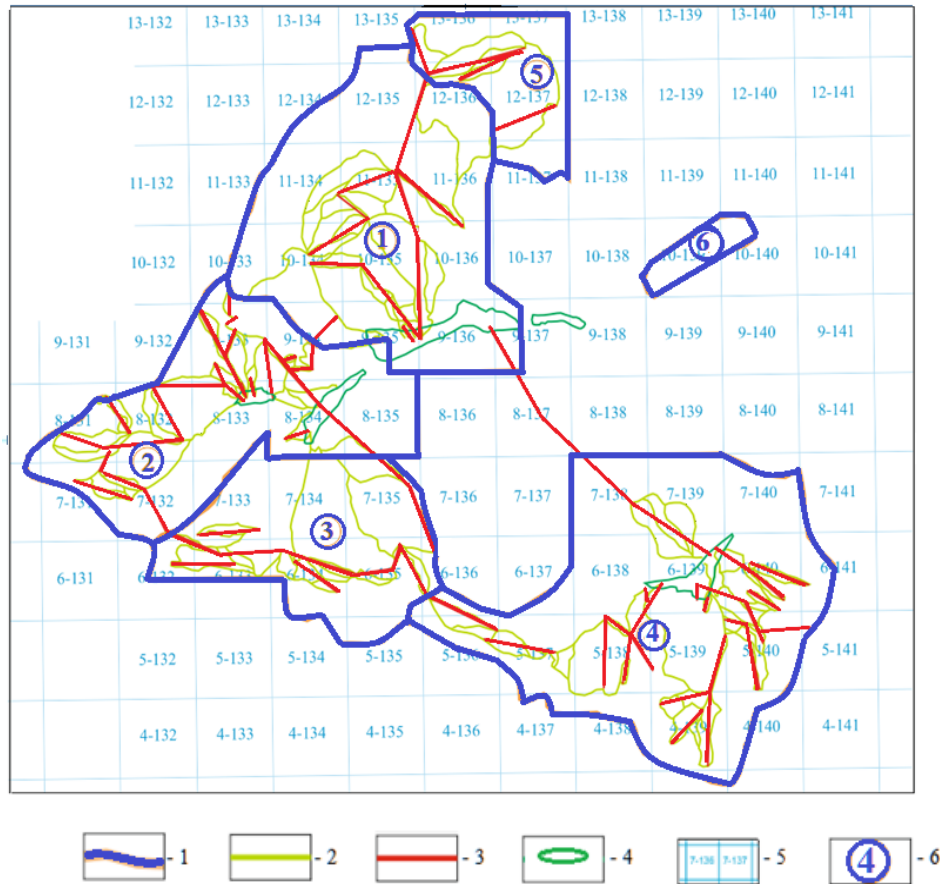
На площадках пп. Лисри, Козыком-Згил, Зруг, Бубудон, Козыдон-Гибитандон, Зарамаг строятся туристические деревни, лыжные трассы, канатные дороги (Рисунок 2.2).

Создание, функционирование и развитие столь масштабного социально ориентированного проекта требует, в первую очередь, разработки мер обеспечения гарантированной безопасности жизнедеятельности рекреантов и объектов их жизнеобеспечения и инженерной инфраструктуры. Это положение основывается на научно обоснованном и инструментально подтвержденном долгосрочном прогнозе интенсивной геоэкологической эволюции территории, базирующегося на состоянии геодинамического развития эндогенного и экзогенного характера при четко выраженном их единстве в пространственном проявлении. Оно базируется на низких абразивных качествах коренных пород, интенсивном развитии различных генетических типов четвертичных отложений и резких проявлениях климатических агентов.

При значительной масштабности и мощности воздействия эндогенных процессов на геоэкологическое состояние, в сравнении с экзогенными процессами, макропоследствия изменений менее выражены, однако, при рассмотрении процессов в причинно-следственной связи, четко прослеживается причинность эндогенных процессов и последственность экзогенных и локальных климатических процессов.

Геодинамическая активность проявляется эндогенными и экзогенными процессами при четко выраженном их единстве в пространственном проявлении. При значительной масштабности и мощности комплексного воздействия эндогенных процессов на геоэкологическое состояние, в сравнении с экзогенными процессами, макропоследствия геоэкологических изменений менее выражены, однако, при рассмотрении процессов в причинно-следственной связи, четко прослеживается причинность эндогенных процессов относительно экзогенных процессов, проявляющихся как следствие. Причинность проявляется в подготовке современной

коры выветривания комплексом длительных динамических, геофизических, геохимических воздействий и значительного ослабления инженерных качеств пород еще до обнажения на дневную поверхность и начала атмосферно-климатических разрушений экзогенными процессами.



1– контуры участков территории туристско-рекреационного комплекса «Мамисон», 2 – горнолыжные трассы, 3- канатные дороги, 4- площади предполагаемых застроек деревень, 5 - контуры трапеций топосъемок масштаба 1:5000 (блоков) и их номера; 6- названия участков строительства инженерных сооружений комплекса (1- Бубудон, 2 -Козыдон-Гибитандон, 3 - Земегон, 4 - Зруг, 5 - Зарамаг, 6-Сатат).

Рисунок 2.2 – Схема расположения участков строительства инфраструктуры, деревень, горнолыжных трасс и канатных дорог туристско-рекреационного комплекса «Мамисон» [Чотчаев и др., 2020]

Авторская концепция определяет функциональную зависимость активности экзогенных процессов и геоэкологического состояния территорий от активности эндогенных геодинамических процессов (Рисунок 2.3).





Рисунок 2.3 – Причинно-следственная зависимость активизации эндогенных и экзогенных опасных геологических процессов. Признаки и факторы геодинамического воздействия на геоэкологическое состояние окружающей среды [Чотчаев и др., 2020]

Повсеместно развитый четвертичный покров и связанные с ним опасные экзогенные геологические процессы свидетельствуют о легко уязвимой ландшафтно-морфологической структуре геологической среды, когда любое техногенное вмешательство требует совершенных технологий, минимизирующих подрезки склонов. Перечисленные факторы природных воздействий на геоэкологическую среду взаимосвязаны в определенных комплексах (например, плоскостной смыв-образование оползня-перекрытие водотока-селевой поток или землетрясение и обвал коренных пород), а их воздействие, как правило, синергетично [Мавлянова, 2002]. Оценка геоэкологической эволюции и развития опасных геологических процессов проведена на основе данных геолого-геофизических исследований.

## **2.2 Методологическое обоснование особенностей геодинамического развития.**

### **Физические поля как индикаторы геодинамических процессов**

Методологической основой геоэкологии являются системный анализ и многофакторный (синергетический) подход к изучению окружающей среды в тесной связи с изучением атмосферы, гидросферы, биосферы и техносферы. Функциональная единица изучения геоэкологии – геоэкологические системы.

Весьма важными являются конечные выводы геоэкологических исследований, которые приводят к рациональному и щадящему подходу к окружающей среде и расширению медико-биологической информации.

Это дает возможность при проведении соответствующего картирования определять места локализации тех или иных биотопов и коррелировать их с геодинамическими и геоэкологическими условиями.

В основу методологического обоснования проводимых исследований положены современные теоретические и эмпирические представления о геодинамических процессах, и экспериментально полученные данные исследований ряда динамически опасных объектов региона и районов Центрального Кавказа [Кюль и др., 2019], классификационное представительство геодинамических процессов на территории, структурно-тектонические и литологические особенности геологической среды, комплекс физико-механических, геофизических и геохимических характеристик пород, их собственные физические поля [Фоменко, 2016; Заалишвили, Чотчаев, 2016а], (объекты могут быть осцилляторами микросейсмических колебаний или служит фильтрами определенных частот, они могут создавать естественные электрические поля за счет фильтрационных или диффузионно-адсорбционных процессов в массиве), а их отклик на воздействие искусственными полями может служить оценочным параметром состояния объекта. Определяющим фактором методологической основы исследований является также геоморфология, влияние которой на интенсивность формирования экзогенных процессов, зависит от способности элементов рельефа разрушаться и условий накопления формами рельефа эрозионного материала [Любимова и др., 2017; Katharina Ktern et al., 2012]. Важнейшей характеристикой геодинамических объектов является их напряженно-деформированное состояние, влияющее на физические

параметры объекта, петрофизические свойства пород и уровень подземных вод (гидрогеодеформационное (ГГД) поле Земли).

Изменение уровня подземных вод в процессе подготовки землетрясения связывается не только и не столько с напряженно-деформированным состоянием среды, но и газогидродинамическим вытеснением глубинных и ювенильных вод восходящими конвективными течениями мантийного субстрата. Механизм такой зависимости требует специального исследования. Мониторинг изменения уровня подземных вод на территории позволит делать краткосрочный прогноз землетрясений, контролировать событие, управлять рисками.

Следствием глубинной геодинамики являются термальные источники, минеральный состав которых несет информацию о литологических особенностях каналов транзита, о приуроченности энергетического очага эндогенного процесса к литосферным горизонтам или мантийной среде, для чего при наблюдениях за гидрогеодинамическим уровнем подземных вод необходимо отбирать пробы воды до и после события.

Установлена методологическая эффективность наблюдений за процессами электромагнитного излучения (ЭМИ) при сейсморазрядках, возникающих за счет дислокаций в напряженно-деформированных средах [Малышков, Джумабаев 1987]. Наиболее высокочастотная часть спектра ЭМИ соответствует дислокациям типа трещин и непротяженных тектонических нарушений [Чотчаев и др., 2018а]. Каждый ранг тектонического проявления сопровождается определенным спектром электромагнитных импульсов.

Физические и химические основы межмолекулярных связей горных пород одновременно являются предвестниками протекающих нарушений этих связей, причиной которых является увеличение напряжений в породах, и как следствие - упругие или неупругие остаточные деформации. Исходя из основ формирования межмолекулярных связей, очевидно, что их индикатором являются электромагнитные поля, поскольку деформации кристаллической решетки вызывают изменение расстояний между атомами и квантово-механические флуктуации электронной плотности частиц (молекул, атомов). Мгновенное распределение электрического заряда молекулы, которому отвечает мгновенный дипольный момент молекулы (или более высокого порядка мультипольный момент), индуцируя электрический мультипольный

момент в другой молекуле. Лавинный эффект мгновенных мультипольных моментов создает энергию дисперсионного взаимодействия, которая проявляется в виде электромагнитных импульсов (ЭМИ)  $E$  - дисперсионного поля.

Стадии разрушения предшествует возникновение дислокаций, т.е. локальных смещений отдельных атомов кристаллической решетки. Дислокация способна распространяться в кристалле за счет меньшей дополнительной внешней энергии, чем требуется для образования дефекта при совершенной решетке. Наиболее высокочастотная часть спектра ЭМИ соответствует возникновению таких дислокаций, множество которых приводит к образованию зон трещиноватости и тектонических нарушений [Стогний и др., 2020; Фоменко и др., 2019; Чотчаев и др., 2018a]. Каждый ранг тектонического проявления сопровождается определенным спектром электромагнитных импульсов, при этом низкочастотные импульсы характерны для нарушений относительно низких порядков и наоборот. Это, безо всякого сомнения, относится к любому отдельно взятому комплексу, будь то магматический, метаморфический или осадочный, с той лишь разницей, что спектры деформаций каждого комплекса будут индивидуальными.

Для Кавказа характерна корреляционная зависимость периодов наибольшего числа землетрясений и событий с максимальными значениями магнитуд землетрясений с периодами солнечной активности в 11 летнем цикле Солнца. Это требует предупредительных дополнительных мер безопасности и ограничений в эти периоды в экстремальных видах туризма [Мазуров, 2019].

Наблюдается пространственная приуроченность гравитационных процессов к блокам высокой и очень высокой геодинамической активности. Они контролируются крупными разломными зонами кавказского простирания и глубинными региональными разломами меридионального направления.

В Центральной части Большого Кавказа активизация эндогенных геодинамических процессов четко увязывается с зонами пересечения крупных тектонических разломов субширотного направления с меридиональными разломами более низкого порядка. Одним из таких нарушений регионального масштаба является Сырхубарзондский разлом, пересекающий долину карового ледника Колка продольно. Разлом является северным ограничением реликтового рубца (сутуры) и продолжением на восток Главного Кавказского надвига. Разлом предположительно связан с камерой

потухшего стратовулкана Казбек и продолжает служить каналом разгрузки поствулканических газов и флюидов остывающего массива, что служит одним из объяснений четырех исторически документированных случаев схода ледника Колка с интервалами 30-70 и даже 150 лет. Зона поражения последнего схода ледника, произошедшего 20 сентября 2002 года, наиболее катастрофического по геэкологическим и социальным последствиям оценивается как экологическая катастрофа [Norris, 1995; Zaalishvili, Melkov, 2014]. Методологическая эффективность мониторинга состояний геологических объектов, вовлеченных в экзогенные геодинамические процессы на территории планируемого туристско-рекреационного кластера и в сопредельных районах, определяется в достижении соответствия режима наблюдений и скорости изменения динамических и кинематических характеристик контролируемых объектов.

Важным методологическим фактором исследования и оценки состояния объектов опасных экзогенных геологических процессов является зависимость петрофизических свойств рыхлых покровных отложений от механических напряжений. Это и влияние петрофизических изменений на геофизические поля в зависимости от пространственных параметров объекта, магнитной восприимчивостью материнских пород, плотности грунта, его влагонасыщенности и гранулометрического состава, контрастности по физическим характеристикам относительно подстилающих коренных пород. Степень изменения петрофизических свойств рыхлых отложений даже при незначительных вариациях их напряженного состояния настолько значительно, что легко фиксируется геофизическими методами.

Обвальнo-осыпные и оползневые массивы характеризуются собственными частотами колебаний, отличающиеся от микросейсмического фона подстилающих коренных пород. Если частотный спектр возникшего землетрясения будет иметь полосу частот собственных колебаний массива, в последнем возникнет эффект резонирования, опасный по достижению амплитуды превышающей трехкратный уровень микросейсмического фона.

Подобные наблюдения особенно важны за массивами, имеющих признаки статической неустойчивости, поперечные продвижению оползня трещины, следы тылового отрыва, увеличение высоты массива по фронту и поддвигание подошвенной части под массив.

При стабилизовавшемся уровне землепользования определяется срок, по истечении которого карты районирования четвертичных образований на территорию обновляются или корректируются. Режим мониторинга отдельных объектов предусматривает учет влияния единичного эндогенного геодинамического процесса на состояние объекта.

Методологическое решение достигается соответствием используемого комплекса геофизических методов физическим особенностям геологических объектов. Так, при оценке характеристик каменных глетчеров и накоплений склонового генетического ряда (десерпций, дерупций, оползневые и осыпные накоплениями, солифлюкция) мощностью до 10-12 м, оперативным и эффективным оказался метод геолокационного зондирования, поскольку параметр диэлектрической проницаемости указанных геологических объектов резко контрастен относительно величины диэлектрической проницаемости коренных пород.

На аналогичных высокогорных площадях (Транскам, трасса газопровода, большой Хампаладагский и Луарский оползни) имеют место большие мощности потенциальных объектов проявления опасных экзогенных геологических процессов. В таких случаях применялись электроразведочные методы вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ) и дипольного электропрофилирования на двух разносах

Алгоритмы распознавания опасных геодинамических и атмосферно-климатических процессов, воздействующих на геозкологическое состояние высокогорных ландшафтов, приведены на рисунке 2.4.

Параллельно с наблюдениями за колебаниями уровня гидрогеодеформационного поля для прогнозирования землетрясений необходимо дополнительно проводить мониторинг минерального состава вод до события и после него, что может позволить качественно увязать источник геодинамической энергии с определенной геосферой.

Перспективные направления методологического решения пространственно-временных интервалов эндогенных событий, их динамических и кинематических характеристик, масштабов и особенностей их протекания рассматриваются в качестве основы создания верифицированной базы данных геологических, гидрогеологических, сейсмотектонических и техногенных процессов для комплексного обобщения степени их воздействия на объекты строительства и элементы инфраструктурного обеспечения. Методология обеспечения геологической информацией предусматривает сбор и

обработку материалов инженерных изысканий прошлых лет. При этом важная роль отводится дешифрированию дистанционных материалов, включающие материалы традиционных съемок.

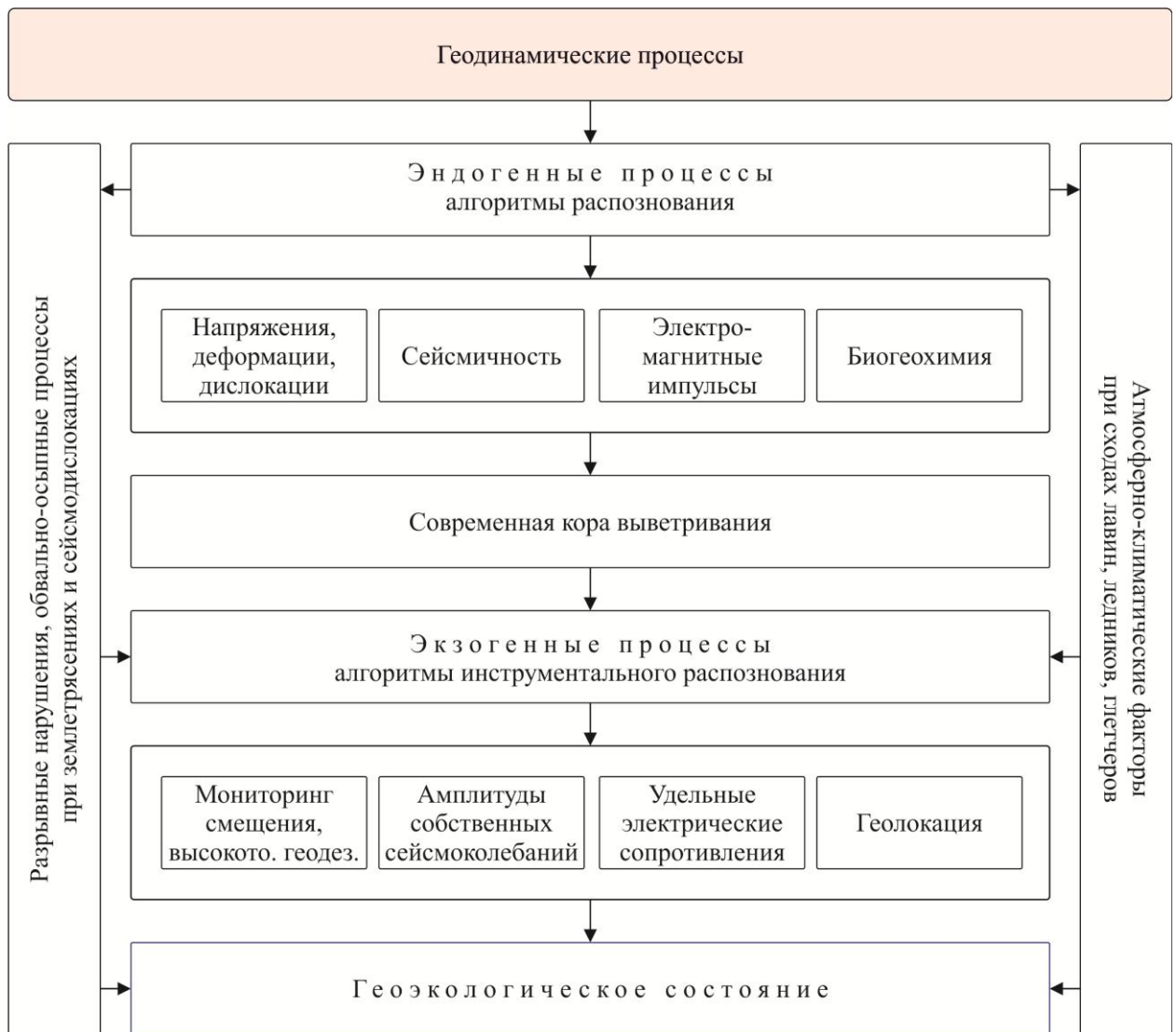


Рисунок 2.4 – Алгоритмы распознавания опасных геодинамических процессов, воздействующих на геоэкологическое состояние высокогорных ландшафтов

[Чотчаев и др., 2020]

Методологические разработки комплексной геолого-геофизической оценки влияния геодинамических процессов на объекты социально-экономической инфраструктуры и геоэкологического состояния окружающей среды обобщались и уточнялись на основе данных многолетних экспериментальных, прикладных и научных исследований соискателя и приведенных в Приложении А.

Результаты этих работ и полученные в процессе выполнения настоящей работы, совместно с результатами других исследователей [Несмеянов и др. 2003; Заалишвили, Невская, 2014] использованы для методологической оценки геоэкологической нагрузки воздействия геодинамических факторов на различных участках территории.

### 2.3 Выводы

1. Методологическое обеспечение исследований основывается на результатах анализа особенностей геодинамического и тектономагматического развития территории, физических свойств и физико-механических характеристик горных пород, динамических, геофизических, геохимических характеристик полей-индикаторов, сопутствующих эндогенным геодинамическим проявлениям.

2. При оценке характеристик каменных глетчеров и накоплений склонового генетического ряда (десерпций, дерупций, оползневые и осыпные накоплениями, солифлюкция), весьма эффективным является метод геолокационного зондирования.

3. Оползневые массивы характеризуются собственными частотами колебаний, что при совпадении предполагает при сильных землетрясениях опасный эффект резонирования.

4. Методологической основой изучения сейсмодислокационных зон и напряженно-деформированного состояния среды является эффект электрострикции в виде электромагнитного излучения, возникающих в деформированных средах.

5. Установлена причинно-следственная зависимость активизации эндогенных и экзогенных опасных геологических процессов. Выделены признаки и факторы геодинамического воздействия на геоэкологическое состояние окружающей среды. Разработан алгоритм распознавания геодинамических процессов, воздействующих на геоэкологическое состояние высокогорных ландшафтов.

6. Основы инструментальных исследований отражают собой динамические, геофизические, геохимические характеристики геологической среды, определяя макропроявления геодинамических процессов, формируя алгоритмы причинно-следственного проявления геодинамических процессов и связанных с ними геоэкологических изменений окружающей среды через активизацию опасных экзогенных геологических процессов.



### **ГЛАВА 3. РАЗВИТИЕ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ ПРОЕКТИРУЕМОГО ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА «МАМИСОН»**

#### **3.1 Современные представления о составе и строении четвертичного покрова территории проектируемого комплекса «Мамисон»**

Роль четвертичных образований для биоценоза трудно переоценить. Они являются почвообразующими грунтами, на которых современный биоценоз эволюционировал от мхов и микробов, а человек использует в качестве основной среды своего жизнеобеспечения.

Четвертичные образования характеризуют литологический состав материнских пород, степень эндогенной геодинамической активности, развитие опасных экзогенных геологических процессов и геоэкологическое состояние территории. Их картографирование в масштабе 1:10000 и выделение очагов развития опасных геологических процессов позволяют прогнозировать сценарии негативного развития [McCool et al., 2013; Newsome D et al., 2013].

Территория по положению водосборных бассейнов естественным образом разделяется на четыре участка, в пределах каждого из которых формирование рельефа и покрова четвертичных накоплений проходило обособленно при общей климатической синхронности.

Бассейн р. Мамисондон сформирован тремя крупными притоками, рельеф которых имеет ледниково-экзарационное происхождение. Это - долина рек Козыдон и Зедегон, берущих свое начало с северных склонов Козыкомрагского и Двалетского хребтов, а также р. Бубудон, спускающаяся с южных склонов Бокового хребта. После их слияния у с. Калак образуется широкая троговая долина р. Мамисондон, продолжающаяся до с. Лисри, ниже по течению от которого, у пос. Клиат-Тли, резко сужается.

Определяющее значение при формировании четвертичного покрова и рельефа территории на протяжении неоплейстоцена-голоцена имели процессы ледниковой экзарации и связанной с ней аккумуляции разновозрастных ледниковых, склоновых и аллювиально-пролювиальных накоплений. Отчетливая троговая морфология долин

Козыкомдона, Земегона, Мамисондона и долин-притоков бассейна Зруга установлена в результате крупномасштабного картирования и сомнений не вызывает.

Долины рек Мамисондон и Зруг до 2006 года техногенного экологического вмешательства не претерпевали и использовались в качестве селитебной территории, свободных пастбищ и туристических маршрутов.

Существенным экологическим вмешательством в геологию четвертичных образований на юго-западе территории явились грубо организованные земляные механизированные работы по прокладке магистральной линии газопровода Дзуарикау-Цхинвал через перевал Кударский.

Освоение территории в туристско-рекреационных целях предусматривает интенсивное техногенное воздействие, которое, при традиционных технологиях подрезки склонов, приведет к регрессивной геоэкологической эволюции. Это обусловлено низкой крепостью коренных пород, эндогенной геодинамической активностью и развитием четвертичных образований, формирующих широкий комплекс генетических типов опасных экзогенных геологических процессов [Zaalishvili, 2000].

**Оползни.** На территории Горной Осетии описано свыше 200 оползневых массивов, в т.ч. до 120 активизировавшихся, наибольшее количество которых приходится на бассейны рек Ардон, Зааккадон, Мамисондон, Адайкомдон и Цейдон.

**Обвалы.** За год регистрируются в среднем до 30 обвально-осыпных проявления, в т.ч. до 8-9 крупно-глыбовых обвалов объемами от 200 до 30000 м<sup>3</sup> и 5-6 активных осыпных проявлений протяженностью от 100 до 800 м в верховых откосах и нагорных склонах горных дорог. Самым крупным был обвал, произошедший в октябре 2005г., в районе селения Горный Архон, на правом борту р. Архондон, по которому проходит дорога в село. Обвал сформировался в мощных рыхлых отложениях суглинков с очень небольшим содержанием обломочного материала. В сухом состоянии эти отложения обладают высокой связностью, обеспечивают хорошую устойчивость склонов и откосов при большой крутизне - вплоть до вертикального уступа. При их увлажнении когезионная связь резко понижается, и на краях уступов начинают развиваться обвально-оползневые явления.

В апреле 2006 года после снеготаяния и затяжных дождей произошел крупный обвал в районе Гизельдонской ГЭС (РСО-Алания), в левом борту р. Гизельдон. В обвал были вовлечены трещиноватые известняки в верховом откосе дороги, ведущей на

гидростанцию. Обвал был крупно-глыбовым, размеры отдельных глыб достигали в поперечнике 4-5 м. В результате на сутки была перекрыта дорога на ГЭС.

В течение многих лет продолжается обвально-осыпной процесс на участке 8-го км автодороги Турбина - Згид. Здесь при прокладке дорожной выемки в трещиноватых гранитах была сильно нарушена целостность и естественная крутизна скального склона. Сейчас ежегодно, при его обводнении происходят камнепады и обвалы объемом от десятков до 200-300 м<sup>3</sup>, требующие расчистки и остановку движения на несколько часов..

**Провалы.** Как известно, горнодобывающая отрасль в Северной Осетии имеет предысторию порядка 200 лет, в течение которой добычными и разведочными выработками были охвачены все рудные районы. Ненадлежащая ликвидация и консервация выработок приводит к образованию провалов (Рисунок 3.1), обуславливающих серьезные геэкологические нарушения горного ландшафта. К настоящему времени на Згидском участке отмечается серия провалов. Это крупные воронки уже неправильной формы площадью оснований до 5 тыс. м<sup>2</sup> и глубиной 30-40 м. Причиной могут быть не только техногенные выработки, но и карстовые пустоты в покровной карбонатной толще средней и верхней юры.

Крутизна склонов техногенных воронок и слабые грунты способствуют дальнейшему вовлечению периферийных зон воронок в разрушительный процесс до наступления баланса когезионной прочности среды и гравитационного фактора обрушения, не принимая во внимание сейсмологические и геодинамические процессы. Эти провалы не только уродуют ландшафт, но еще способствуют ускоренному протеканию боковой инфильтрации грунтовых вод, тем самым обезживая растительный слой вокруг воронок. Провалы имеют место над выработками Левобережного месторождения в районе с. Унал и, вероятны на других участках горнорудных площадях.

**Селевые угрозы.** Сель по р. Сказдон в Северной Осетии прошел одновременно с таковым на р. Булунгу-су, КБР, в ночь со 2 на 3 августа 2007 г, после выпадения осадков, достигавших 73 мм за сутки.

**Паводки.** В 2005 г. уровень весеннего паводка на большинстве рек достиг неблагоприятных отметок. Селевое проявление разрушило тогда же в 2005г. шахтерские поселки Садон и Галон Садонского свинцово-цинкового комбината (Рисунок 3.2).

Полностью были уничтожены или повреждены мосты через реки Дур-Дур, Арсаки-дон, Калухи-дон и Урсдон. Размыв Военно-Грузинской дороги в районе пограничного пропускного пункта «Верхний Ларс» остановил движение из Северной Осетии в Грузию. Основная часть активных проявлений зафиксирована в Ардонском ущелье, где проходит трасса федеральной автодороги «Кавказ».



Рисунок 3.1 – Техногенные провалы над выработками Згидского и Левобережного месторождений [Чотчаев и др., 2016б]

Основной очаг селеобразования - селевая рытвина в пролювиально-моренных отложениях на западном склоне г. Вилса, имеющая протяженность около 800 м, ширину около 20м, глубину от 4 до 10м.

Тип селея водокаменный, с высоким содержанием крупного валунно-галечного материала. Объем выброса оценивается в 50-60 тыс.м<sup>3</sup>. На нижнем участке аккумуляции, в районе альплагеря «Цей», вода вырвалась на правый берег, затопив нижние этажи зданий альплагеря и размыв около 500 м автодороги и т.д.

За последние полтора десятилетия известные катаклизмы природного характера, вызвавшие чрезвычайные ситуации регионального уровня, были связаны селевым потоком 2000 года на р. Герхожан-су в районе г.Тырныауз (Кабардино-Балкарская Республика), катастрофическими паводками с интенсивным развитием боковой и

донной эрозии, охватившие большую часть горных и предгорных районов Северного Кавказа, сходом ледово-каменного потока в Геналдонском ущелье Северной Осетии в 2002г (Рисунок 3.3).

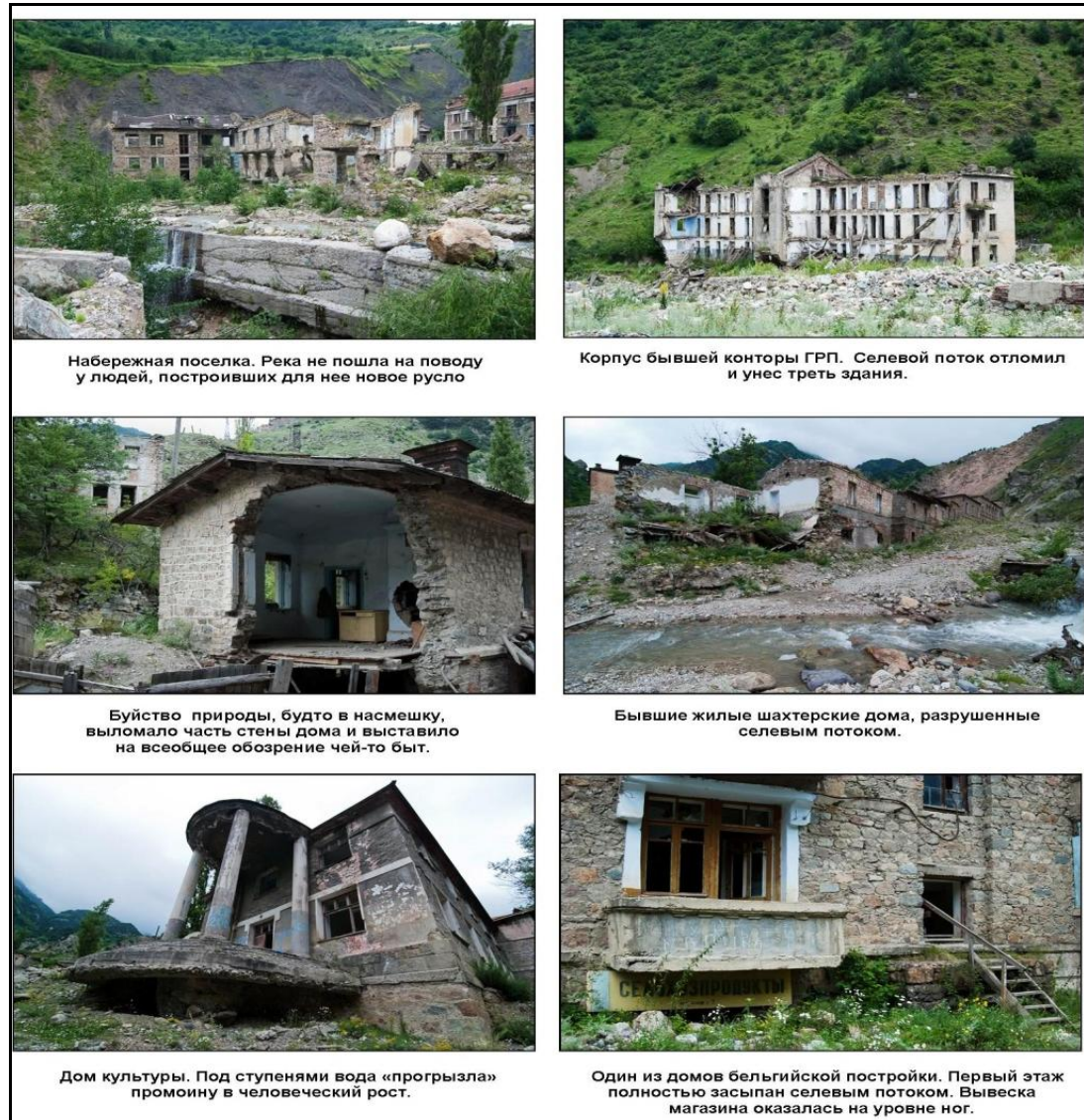


Рисунок 3.2 – Последствия селевого прохода 2005г в поселках Галон и Садон Садонского СЦК [Чотчаев и др., 2016б]

**Ледовые завалы.** Объем Кармадонского ледового завала, образовавшегося в 2002 г. при сходе катастрофического ледово-каменного потока по реке Геналдон оценивался в 140-160 млн. м<sup>3</sup>, площадью в 2,2 км<sup>2</sup>, максимальная мощность ледово-каменного завала достигала 160м. Жертвами катастрофы оказались 114 человек, экологическая реабилитация ландшафта все еще продолжается.



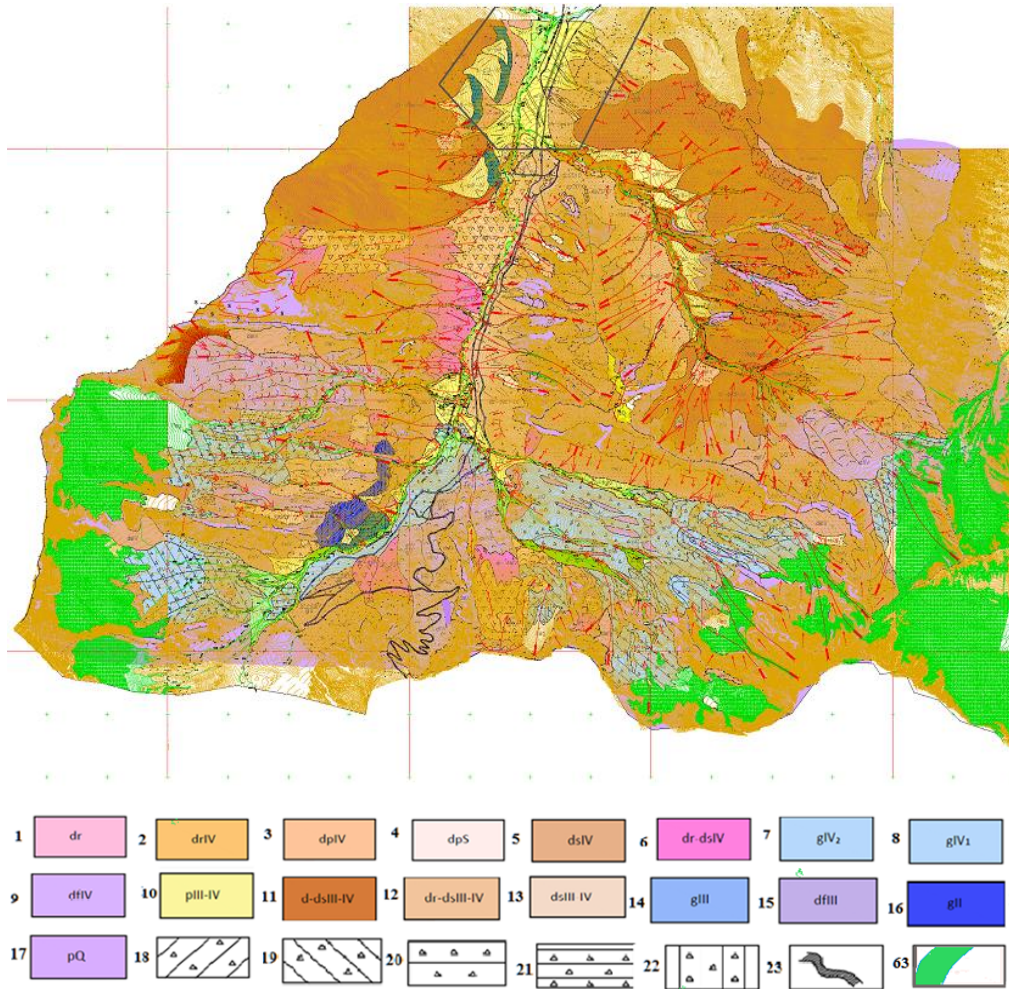
Рисунок 3.3 – Сход ледника Колка в Геналдонском ущелье  
Северной Осетии в 2002 г. [Чотчаев и др., 2016б]

17мая 2014г. каменно-ледовая лавина в районе ледника Девдорак перекрыла русло р. Терек селевой массой объемом порядка 900 тыс. м<sup>3</sup> с тяжелыми социально-экономическими последствиями.

Ниже приводится характеристика генетических комплексов четвертичных отложений, показанных на картах развития опасных геологических процессов и разрезах (на всех рисунках использованы данные геофизических исследований и интерпретация Чотчаева Х.О., 2008г. В качестве геологической основы использованы карты фактов Гончаренко О.А., 2012).

### 3.1.1 Средний неоплейстоцен

**Моренные накопления (qII).** К среднему неоплейстоцену (терское оледенение Центрального Кавказа) на территории работ по своему высотному положению в рельефе отнесены боковые (береговые) морены, выполняющие собой плохо сохранившиеся в рельефе склоны трогов (рисунок 3.4).



1 – Дерупций современный. Обвальные накопления 2009-2011 г. Глыбовые, крупно-глыбовые (до 15-20 м и более в поперечнике) продукты обрушения крутых скальных склонов. 2 – Дерупций. Крупно-глыбовые разноразмерные накопления подножий скальных склонов голоценового возраста. 3 – Деляпсий. Оползни-блоки и оползни-потоки с хорошо выраженными оползневыми цирками. Блоки коренных пород, глыбово-щебенный и дресвяно-глинистый материал с признаками вязкопластичного течения. 4 – Сейсмогравитационные оползни-срывы неустановленного возраста (правый борт приустьевой части долины р.Бубудон) - крупные массивы пород, смешанные и частично дезинтегрированные по сеймотектоническим разрывам и существенно переработанные склоновыми процессами в последующее время. 5 - Дерупций. Незакрепленные. полужакрепленные осыпные конусы и шлейфы скальных подножий. Дресва, щебень, глыбовый обвальный материал (до 0.5 м) в основаниях шлейфов. 6 - Дерупций-дерупций. Разно размерные щебенисто-глыбовые накопления в основании крутых скальных склонов. 7 - Морены второй половины голоцена. Глыбово - щебенистый и дресвяный материал с песчано-сутлинистым заполнителем. 8 - Морены

боковые (береговые), основные первой половины голоцена. Щебенисто - дресвяные накопления с песчано - глинистым заполнителем. 9 - Дефлюксий. Оползни-потоки глетчерного типа различного генезиса (каменные земляно-каменные и земляные), развитые по моренным, обвальным-осыпным и оползневым накоплениям нескольких (I-V) генераций, от крупных скальных отторженцев (5-10 м) с глыбово-щебенистым заполнителем и морфологией вязкопластичного течения до земляно-каменных глетчеров с преобладанием мелкообломочных фракции.

**Верхний неоплейстоцен-голоцен:** 10 - Пролувий крупных конусов выноса боковых притоков основных долин. Щебенисто - дресвяные накопления с суглинистым заполнителем. 11 - Делювий-десерпций. Перегляциальные мелкощебенистые и дресвяные накопления с мелкозернистым и песчано-суглинистым заполнителем. 12 - Дерупций-десерпций. Длительно формирующиеся разноразмерные щебенисто-глыбовые накопления на крутых склонах 13 - Десерпций. Щебенистые накопления фрагментов склонов позднего неоплейстоцена, продолжающиеся формироваться в голоцене. **Верхний неоплейстоцен:** 14 - Морены нескольких генераций (основные, конечные в днищах трогов и боковые на их склонах). Угловатый глыбово-щебенный материал с дресвяно - песчаным заполнителем. 15 - Дефлюксий. Оползни-потоки глетчерного типа нескольких генераций, стабилизированные в современном рельефе долин р.р. Козидон и Бубудон (Зруг - I-II. Бубудон - I-II).

**Средний неоплейстоцен:** 16 - Морена боковая (береговая) с абсолютной высотой 2125-2175м в устье р. Бубудон и над с. Камсхо, а так же с абсолютной высотой 1950-2000 м над у. м. у с. Тли-Клиат, условно относимая к среднему неоплейстоцену. Крупно глыбовый (до 5-10 м) материал из пород бассейна р.Бубудон с щебенисто-дресвяным и песчано - глинистым заполнителем. 17 - Дочетвертичные образования. **Прочие обозначения:** 18 - Поздний голоцен. 19 - Ранний голоцен. 20 - Вторая половина позднего неоплейстоцена 21 - Первая половина позднего неоплейстоцена. 22 - Средний неоплейстоцен. 23 - Стадиальные конечные морены позднего голоцена. 63- Ледники

Рисунок 3.4 – Карта четвертичных отложений и развития ОГП М 1:10 000. Участок Земегон (данные геолокационных зондирований Чотчаева Х.О., 2008 г., карта фактов Гончаренко О.А., 2012г.).



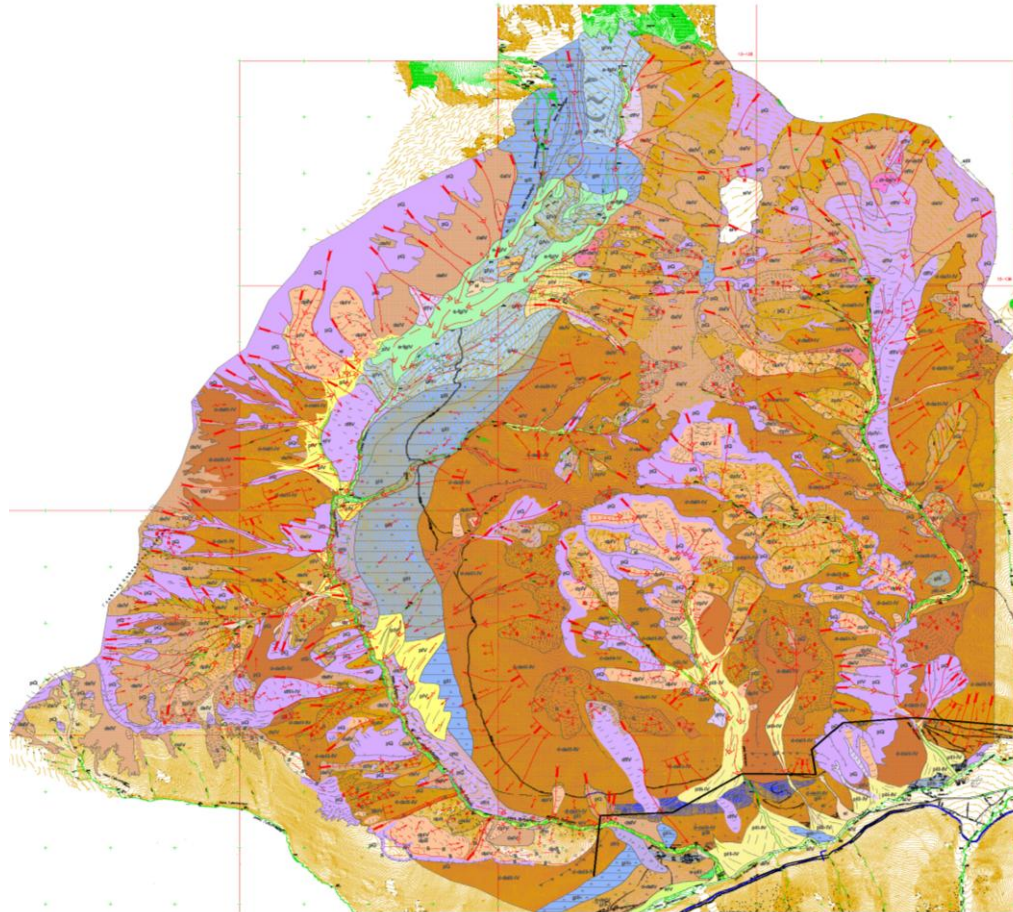
Наиболее представительна полоса моренных накоплений, расположенная в левом борту р. Мамисондон в приустьевой части рр. Бабудон – Ручатдон в интервале от абс. выс. 2175-2250 м до 2100-2175м. Мощность моренных накоплений достигает 50-75 м.

К среднему неоплейстоцену отнесены также моренные накопления, выявленные в верхней части долины р. Земегон, в ее левом борту на абс. выс. 2575-2650. В моренные накопления вложен трог, относящийся к позднему неоплейстоцену (раннебезенгийская стадия), плечи которого отчетливо прослеживаются в средней части долины (на абс. выс. 2500м) (рисунок 3.4). Ширина террасовой поверхности – 100м, протяженность вдоль долины Земегона – 0,2 км, тыловой шов террасы перекрыт осыпными накоплениями голоцена. Во фронтальном откосе террасы над уровнем автодороги залегает валунно-глыбовый аллювий (0,2-0,5 м – 50%, более 0,5-0,6м – 30%) с редкими (1-2%) угловатыми глыбами до 1,5-1,8 м., погруженными в аллювий.

### 3.1.2 Верхний неоплейстоцен

**Аллювий – пролювий (а-р III).** Аллювиально-пролювиальные отложения, относимые к позднему неоплейстоцену, на территории работ выявлены на террасовой поверхности, представляющая собой правый план древнего устьевое конуса р. Бубудон и показаны на карте 1:5000 (Рисунок 3.5).

**Моренные накопления (qIII1; qIII2).** Центрального Кавказа. Наиболее отчетливо моренные накопления безенгийского оледенения представлены в долинах Бубудона и Козыдона. В средней части долины Бубудона в ее левом борту присутствуют две боковые (береговых) морены, существенно разновозрастные, одна из которых перекрыта ранней генерацией каменных глетчеров позднего неоплейстоцена, фиксируемая в правом борту долины при слиянии с долиной р. Земегон у с. Калак. Вдоль левого борта долины Козыкомдона, начиная от северного ледникового цирка и далее ниже слияния с р. Земегон (Рисунок 3.6) вплоть до устья р. Бубудон у с. Калак, протягивается полоса боковой морены, относящаяся к первой половине позднего неоплейстоцена.

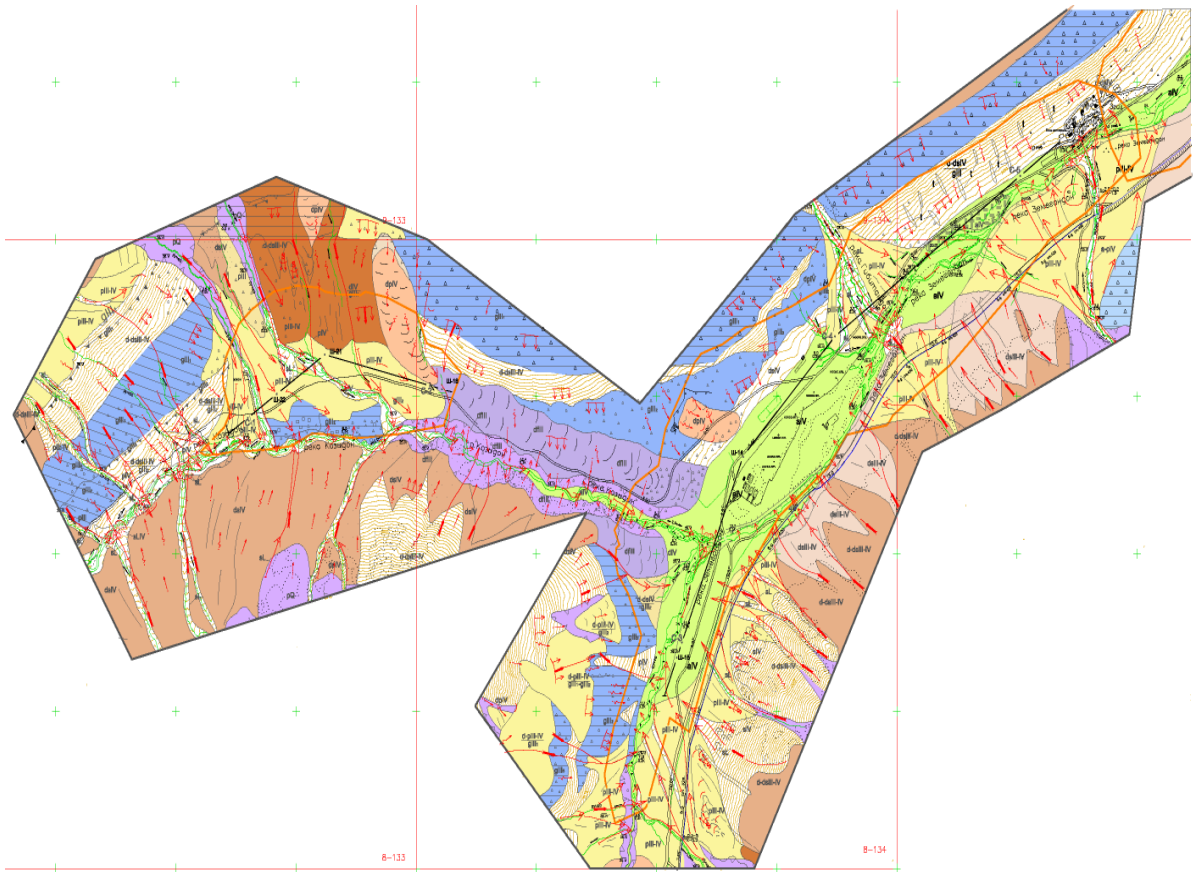


Условные обозначения на Рисунке 3.4

Рисунок 3.5 – Карта четвертичных отложений и развития опасных геологических процессов. М 1:10000. Участок Бубудон (по данным Гончаренко О.А.)

Моренные накопления первой половины позднего неоплейстоцена в средней части долины Козыкомдона расположены на абс. выс. 2300-2375 м и, постепенно снижаясь, при слиянии с р. Бубудон слагают боковую морену на абс. выс. над уровнем моря 2100-2175м.

Морены позднего неоплейстоцена двух генераций выявлены в верхней части долины Земегона, где при слиянии с правым притоком Хицанштандон она расширена, имеет отчетливо выраженную троговую форму в поперечном сечении. Днище и правый борт р. Земегон вплоть до слияния с р. Хицанштан выполнены донной и конечной мореной второй половины позднего неоплейстоцена. Моренные накопления вдоль правого борта долины перекрыты обвальными-насыпными и дефлексионными накоплениями голоцена.



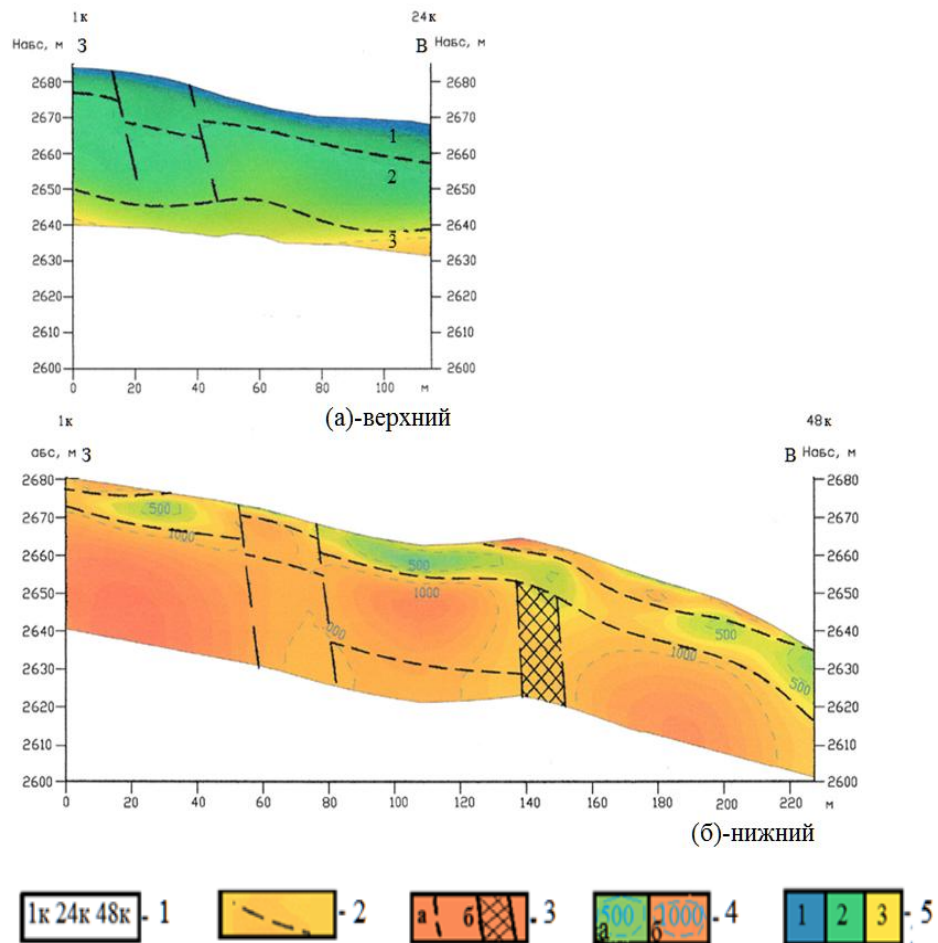
Условные обозначения на рисунке 3.4

Рисунок 3.6 – Карта четвертичных отложений и развития опасных геологических процессов. М 1:5000 Площадка деревни Козыком-Згил (данные геолокационных зондирований Чотчаева Х.О., 2008г, карта фактов Гончаренко О.А., 2012г.).

Морфология кровли и тектоника коренных пород под четвертичными отложениями на участке Земегон характеризуется геофизическим разрезом вдоль профиля 45 (Рисунок 3.7), где мощность современной коры выветривания достигает 25м, выделяются нарушения трещинного типа, проявляющиеся в четвертичных отложениях и зоны нарушения, перекрытые четвертичными образованиями, указывающие возрастную дифференциацию тектонической активности относительно четвертичных отложений.

Кора выветривания характеризуется низкими значениями скоростей упругих продольных волн и удельных электрических сопротивлений.

Долина Козыкомдона в приустьевой части образует крутой и протяженный врез в каменный глетчер, вскрывая его щебенисто-глыбовые накопления на глубину более 50-70м.



1–Номера каналов сейсмических и электротомографических кроссов. 2–границы горизонтов, дифференцируемые по скорости продольных волн и удельному электрическому сопротивлению. 3–Разрывные нарушения по данным сейсмопрофилирования (а) - верхний и электротомографии (б)- нижний. 4–Удельные электрические сопротивления: а – в четвертичных образованиях, б – в коренных породах. 5– Скорости продольных волн: 1–в четвертичных образованиях, 2–в современной коре выветривания, 3–в дислоцированных коренных породах.

Рисунок 3.7 – Результаты исследований методами сейсмопрофилирования МПВ (а)- верхний и электротомографии (б)-нижний, показывающие интенсивную тектоническую дислоцированность дочетвертичного основания. Участок Земегондон профиль 45.

(по данным Чотчаева Х.О., 2020 г.)

В бассейне р. Зруг моренные накопления позднего неоплейстоцена выявлены в пределах левого склона долины у с. Бирахтыкау. На относительно пологом склоне в интервале абс. выс. 2000-2175м. располагаются 2-3 уровня глыбово-щебнистых накоплений моренного облика (рисунок 3.8). Моренные накопления, выполняющие борт и днище троговой долины Зруга ниже абс. выс. 2000м., отнесены ко второй половине позднего неоплейстоцена, к поздне безенгийскому оледенению. К этому возрастному интервалу отнесены также глыбовые моренные накопления правого борта левой основной составляющей р. Зруг на абс. выс. 2450-2550 м., залегающие в троговой долине с абс. выс. плечей 2700-2750 м. Аналогично в соседних к востоку притоках (Зруг Малый, Зруг Восточный) троговая морфология долины отчетливо выражена. В долине Зруга Восточного в ее левом борту на абс. выс. 2800 м присутствует эрозионный останец моренных накоплений условно отнесенный к позднему неоплейстоцену.

В бассейне р. Зруг к позднему неоплейстоцену отнесены каменные глетчеры I и II генераций, связанные с выносом материала из карового цирка северной экспозиции у г. Взруджехох. Каменные глетчеры имеют мощность от 350 м на своем северном окончании над с. Херхестикау и до 200 м. на юге, где глубоко прорезаны овражной долиной из бассейна г. Взруджехох, вскрывающей в правом борту устьевого конуса коренной цоколь глетчера.

Протяженность глетчеров в субмеридиональном направлении составляет 2,5 км при максимальной ширине 0,8 км. В разрезе глетчера, глубоко вскрытом (до 100м. мощности) в эрозионном врезе долины Взруджехоха обнажаются щебенисто-дресвяные накопления в мелкоземистом матриксе с присутствием редких обломков до 0,3- 0,5м. по длинной оси.

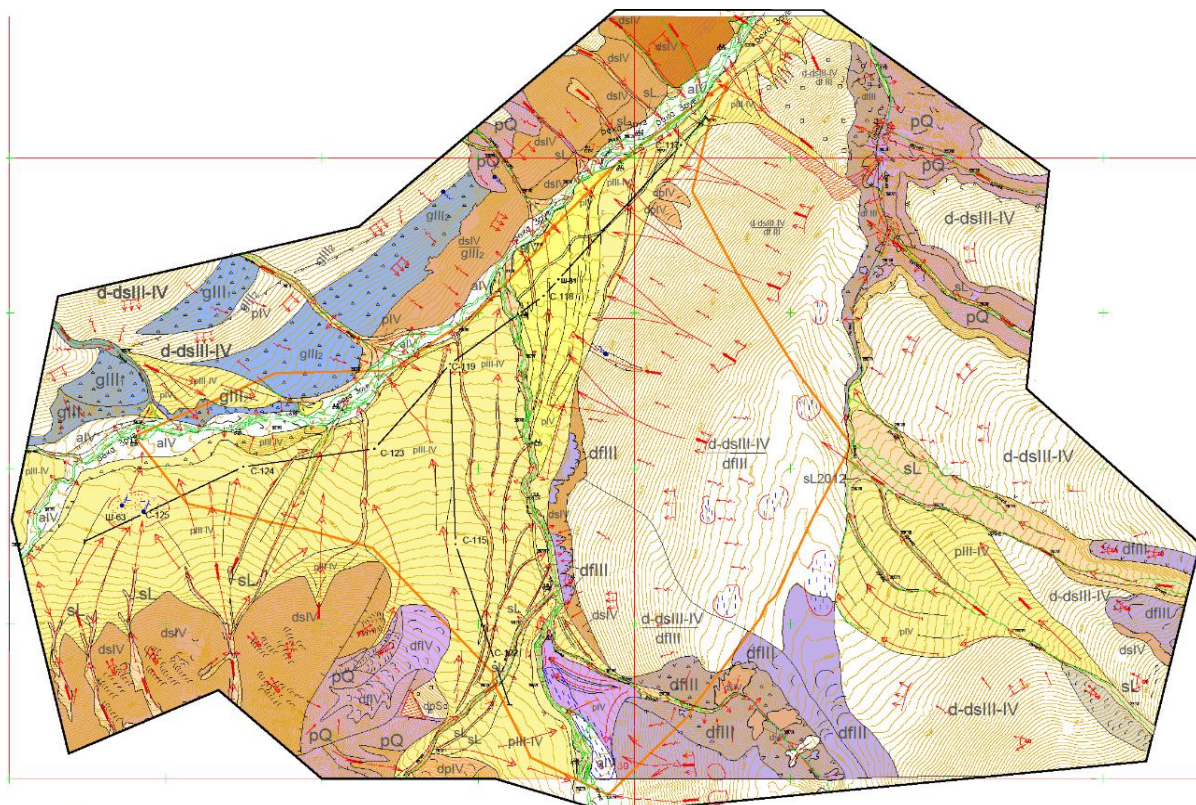
На поверхности глетчеров I и II генераций отсутствует крупно-глыбовый обломочный материал, столь характерный для последующих (III-V) генераций глетчеров, относящихся к голоцену. Учитывая значительную мощность и размеры глетчеров I и II генераций долины Взруджехоха, они являются самыми крупными из имеющихся в пределах долин Главного и Бокового хребтов Северной Осетии.

### 3.1.3 Верхний неоплейстоцен-голоцен нерасчлененные

К этому возрастному интервалу относятся покровные образования элювиального ряда, осыпные, пролювиальные, а также генетические типы смешанного генезиса, представленные обвальными-осыпными, делювиально-осыпными накоплениями

Элювий характеризует степень воздействия эндогенных геодинамических процессов на кору выветривания (Рисунок 3.7). На рисунке разрез между тектоническими нарушениями характеризуется низкими удельными электрическими сопротивлениями, вызванному тектоническим дроблением, физико-химическими пород восходящими флюидами

В приповерхностной части разреза залегают обломочные накопления дресвяно-щебенистой размерности, рыхлого сложения, слабо кольтатированного мелкоземом того же литологического состава.



Условные обозначения на рисунке 3.4

Рисунок 3.8 – Карта четвертичных отложений и развития опасных геологических процессов по канатным дорогам площадки деревни Зруг (по данным Гончаренко О.А., 2012 г.)

**Пролювиальные накопления (рIII-IV).** К позднему этапу неоплейстоценоголоцена отнесены обширные устьевые конусы выноса пролювия притоков основных речных долин Земегона, Мамисондона, Зруга. Наиболее представительны пролювиальные накопления долине р. Зруг, где они в условиях длительной аккумуляции в переуглубленной троговой части долины образовали обширный слившийся пролювиально-селевой покров значительной (десятки м) мощности.

Пролювиальные накопления частично вскрыты в береговом откосе русла р. Зруг у с. Бирахтыкау, где их видимая мощность достигает 40-50м. Пролювиальные накопления сложены разноориентированными щебенисто-дресвяными фракциями песчанистых известняков, мергелей, глинистых сланцев с суглинистым заполнителем свит Дзедо, Згильской.

### 3.1.4 Голоцен

Голоцен на территории работ представлен сложно построенными ледниковыми, склоновыми, аллювиальными, пролювиальными генетическими типами накоплений. Выделение и картирование накоплений голоценового этапа развития территории проведено на основе их полевого изучения, геоморфологического анализа соотношений с более древними накоплениями, дешифрирования дистанционных материалов.

**Ледниковые накопления (g IV1, gIV2).** Современное оледенение Горной Осетии ярко проявлено в осевых водораздельных частях Главного и Бокового хребтов. Моренные комплексы этого этапа в своих фронтальных частях фиксируют ряд последовательных стадий отступления конечно-моренных гряд, наличие вложенных друг в друга боковых (береговых) морен. В ледниковых цирках, по геоморфологическим признакам, хорошо выделяются две стадии морен, соответствующих ранне - и позднеголоценовому времени (бассейны р. Бубудон, Козыдон, Земегон). Раннеголоценовый комплекс здесь представлен двумя конечными и боковыми моренами, вложенными друг в друга. Последний комплекс морен перекрыт сложно построенными флювиогляциальными отложениями, перекрывающими основную морену раннего голоцена, обнажающуюся выше по течению долины (Рисунки 3.5; 3.6).

В долине р. Козыдон расположены два крупных ледниковых цирка: Северный (Козицити), имеющий северо-восточную экспозицию и Южный, с северной и северо-

восточной экспозицией склонов цирка. Большую часть днища северного цирка занимает основная морена второй половины голоцена, примыкающая вдоль бортов цирка к боковым моренам. На поверхности донной (основной) морены хорошо выражены в рельефе 8-9 моренных валов - стадий отступления ледника Козицити за последние 100 лет.

Долина субмеридионального простирания р. Земегон располагается в глубокой троговой долине, выработанной в первой половине позднего неоплейстоцена, в раннебезенгийскую стадию оледенения. С запада бассейн Земегона ограничен восточными склонами массива Саухох, гребень которого имеет абс. выс. 3600-3700 м. На восточных склонах массива Саухох расположены с севера на юг четыре каровых ледниковых цирка.

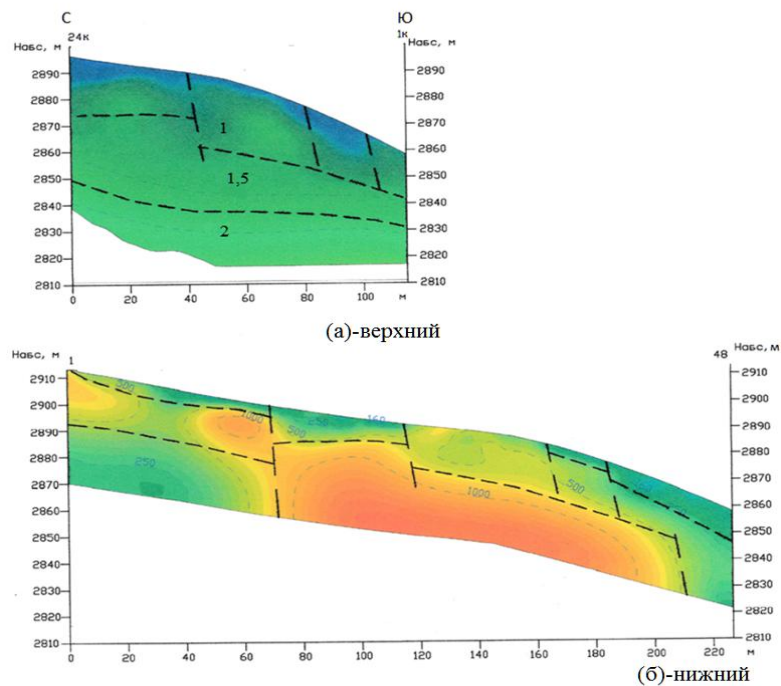
Средние каровые ледниковые цирки отделены друг от друга, а также с севера и юга от соседних цирков высокими (до 100 м и более) скальными гребнями из кварцевых и туфогенных песчаников Саухохской свиты. В результате ледниковой экзарации более податливые интервалы Саухохской свиты формируют пониженные ложбины, выполненные моренными и флювиогляциальными накоплениями голоцена. К востоку от р. Земегон располагается бассейн ее правого притока р. Хицанштан, представляющий собой широкую раннеголоценовую троговую долину, унаследовавшую черты более ранних этапов развития рельефа. В бассейне Хицанштандона располагается четыре ледниковых каровых цирка, в последнем из которых, в результате деградации современного оледенения, возникли два отдельных ледника (86).

В бассейне р. Зруг на северных склонах Главного хребта обособляется три сложно построенных крупных каровых цирка: западный, центральный и восточный, которым соответствуют троговые долины: Зруга (западная долина), Зруга Малого (центральная долина) Зруга Восточного (Рисунок 3.8). К раннему голоцену отнесены две боковые морены левого водораздела с основной долиной Зруга Восточного, к позднему голоцену – боковые морены левого водораздела с основной долиной Зруга Восточного, к позднему голоцену – боковые морены с разделяющим их каменным глетчером IV генерации.

**Дефлюксий (df IV).** В процессе деградации современного оледенения и сокращения размеров ледников в каровых цирках в условиях недостатка ледового питания, проявляется закономерный переход к выносу рыхлообломочного материала



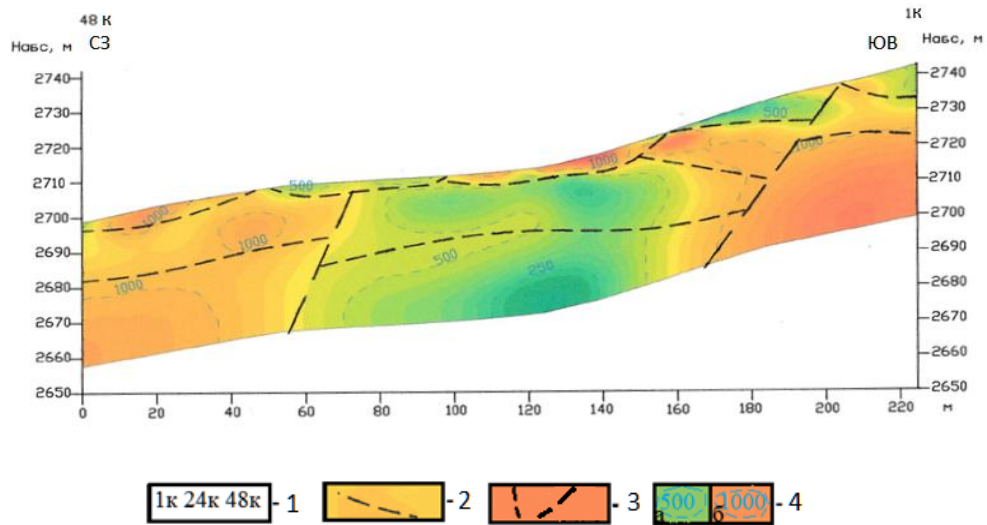
путем формирования дефлюксия. Наиболее эффектно накопления дефлюксия представлены в каровых цирках южного обрамления бассейна р. Зруг. Повышенная плотность тектонической раздробленности и приразломные вторичные изменения однозначно интерпретируются на геофизическом разрезе профиля 58 участка Зруг (Рисунок 3.9), по интерпретации соискателя трещиноватый верхний слой характеризуется низкими скоростями упругих волн (до 1,0 км/с) и удельными электрическими сопротивлениями. Аналогичен геолого-геофизический разрез и по профилю К-72 (Рисунок 3.10) участка строительства деревни Зруг.



1—Номера каналов сейсмических и электротомографических кос. 2—границы горизонтов, дифференцируемые по скорости продольных волн и удельному электрическому сопротивлению. 3—Разрывные нарушения по данным сейсмопрофилирования (а) - верхний и электротомографии (б)- нижний. 4—Удельные электрические сопротивления: а – в четвертичных образованиях, б – в коренных породах. 5— Скорости продольных волн: 1—в четвертичных образованиях, 2—в современной коре выветривания, 3—в дислоцированных коренных породах.

Рисунок 3.9 – Низкоскоростная и проводящая среда в зоне развития тектонической активности трещинного типа. Участок Зруг. Профиль 58.

(По данным Чотчаева Х.О., 2020г.).



Условные обозначения на Рисунке 3.9

Рисунок 3.10 – Зона эндогенного геодинамического воздействия по разломам на коренные породы, выраженная относительно низким удельным электрическим сопротивлением. Участок Зруг, профиль К-72. (По данным Чотчаева Х.О., 2020г.).

Ослабленные зоны проводимости (нижний б) расположены на флангах: на севере и юге их ограничивают разломы. Мощность проводящих зон превышает 40м. Низкоскоростная зона по сейсмическому профилированию превышает по мощности 70м. Скорость упругих продольных волн (Рисунок 3.9а) и удельное электрическое сопротивление (Рисунок 3.9б) характеризуют интенсивно дислоцированный разрез.

Важным диагностическим признаком, отличающим дефлюксий от оползневых накоплений разных типов, является отсутствие оползневого цирка, бровок отрыва, плоскости сместителя, трещин отседания и резких латеральных ограничений сместившихся масс, столь характерных для оползневых накоплений.

Дефлюксионные накопления проявлены на северном склоне Главного хребта у пер. Кударский. Фронтальные части земляно-каменных глетчеров здесь частично перекрывают основную морену второй половины позднего неоплейстоцена выполняющую днище основной долины.

**Склоновые накопления. Десерпций (dsIV).** Накопления склонового генетического ряда на территории работ представлены десерпцием, дерупцием, их сочетанием, оползневыми накоплениями, солифлюкцием. К голоцену отнесены

площадные осыпные накопления, подвижные осыпные конусы и шлейфы подножий, широко развитые в экстрагляциальной субальпийской зоне. Наиболее активно формирование десерпция возникает на крутых (30-70°) склонах, в верхней части которых располагаются скальные гребни и склоны каровых цирков.

Таковы осевые части Главного и Бокового хребтов, второстепенные гребневидные водоразделы, разделяющие друг от друга бассейны Бубудона, Гибитандона, Козыдона, Земегона, Зруга. Осыпные накопления являются важным исходным элементом при формировании моренных и дефлюкционных накоплений в каровых цирках.

Наиболее эффектно это проявлено в приводораздельной части хр. Халаца, левых склонах Зруга (Рисунок 3.8), а также вдоль гребневидного водораздела Зруга и Гината в окрестностях г. Гинатхох (абс. выс 3225 м) и к северу от нее. Солифлюкционным процессам подвергаются щебенисто-мелкоземистые покровные накопления голоцена в высотном интервале 2000-2600 м. абс. выс.

преимущественно на сравнительно крутых склонах северо-западной, северной, северо-восточной экспозиции. Наиболее показательны в этом отношении придолинные правые склоны Мамисондона на участке устье р. Гибитандон – пос. Гли. Здесь, на абс. выс. 2000-2700 м., на склонах долин притоков локально развиты площадная и потоковая солифлюкция.

Солифлюкционные процессы площадного типа по делювиально-осыпным накоплениям (d-dsIII-IV) проявлены в междуречьях Бубудон – Ручатдон, Ручатдон – Лагатком и в левобережных склонах р. Лагатком в высотном интервале 2400-2700 м. абс. выс.

**Дерупций (drIV).** Обвальные накопления, представляющие собой крупно-глыбовые (5-10 и более м) скопления, сосредоточены на нескольких участках территории работ под высокими скальными эскарпами коренных пород. Таковым является крупный обвальный вывал в каровом цирке к востоку от пер. Кударский. Здесь обвальные накопления голоцена (drIV<sub>1</sub>) вторично перекрыты в восточной части цирка более свежими накоплениями обозначенными как drIV<sub>2</sub>. В долине Козыдона к восток-северо-востоку от г. Козы-хох располагается узкий и протяженный (0,8 км.) обвальная шлейф языковидной формы, перекрывающий морену раннеголоценового комплекса.

.Высота эскарпа гребневого водораздела над тыловой частью обвальных накоплений составляет 400-500 м. и более. Скальный гребень сложен, как и нижележащие накопления, серыми известковистыми и туфогенными песчаниками, глинистыми сланцами Бирахатской свиты, для которой характерно образование в рельефе крутых скальных склонов. На участке пересечения долины обвальными накоплениями возник эрозионный врез до 40 м.

Обрушение гребня водораздела произошло из под вершины с абс. выс. 3349,0 м. в долины р. р. Козыдон и Зеমেгон одновременно (85; 86).

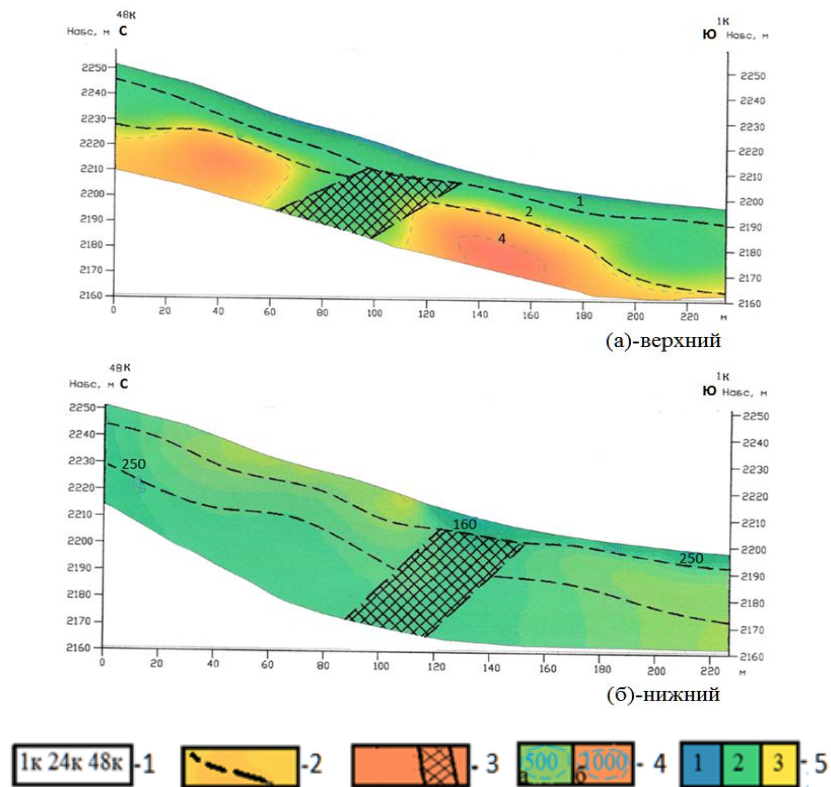
На восточных склонах хребта Козыком под крутым скальным эскарпом, обращенным к северу, в левом борту верховьев Козыкомдона так же выявлены обвальные накопления голоцена языковидной формы. Накопления сложены породами Бирахатской свиты. Эти обвалы могли быть вызваны активным воздействием зоны нарушения, прослеживаемое геофизическими методами на профиле 15 участка Козыдон-Гибитандон (Рисунок 3.11) и интерпретируемое как неотектонический разлом по проявлению в современной коре выветривания.

**Деляпсий (d<sub>p</sub>IV).** Деляпсивные (оползневые) накопления на территории работ диагностируются вполне уверенно по наличию оползневых цирков в выше расположенной части склона. Вполне определена связь оползневых накоплений с литологией дочетвертичных образований: наибольшего масштаба, приобретая площадной характер, они имеют в пределах песчано-глинистых отложений юры в бассейнах р. р. Бубудона, Ручатдона, Лагаткома.

Максимального развития оползневые накопления достигают в бассейне Ручатдона на междуречном водоразделе с долиной Лагаткома и в долине последнего. Преобладают консистентные оползни-потоки, в том числе слившиеся друг с другом из песчанисто-глинистых пород юры. Протяженность потоков 0,2-0,4-0,6 км и до 0,8 км. В обеих долинах оползневыми процессами поражены оба склона долин с образованием участков подпруживания русла оползневыми накоплениями встречного характера.

Широко развиты оползневые накопления в средней части долины Гибитандона в правом ее борту присутствуют четыре крупных оползневых цирка. В средней части долины Козыдона также выявлены два оползневых тела, расположенные на склонах трога и сложенные маломощными (5-10м) щебенисто-дресвяными моренными накоплениями позднеплейстоценового возраста. В правом борту Бубудона,

непосредственно у Мамисонского перевала, выявлены два оползня- потока (0,6-1,0 км) по песчано-глинистым отложениям нижней юры. Ниже по долине Бубудона на сейсмогравитационном оползне - срыве в приводораздельной части правого борта залегает площадной оползень с хорошо выраженными в гребневом водоразделе цирками отрыва. Оползневые накопления сложены породами Тибской свиты.



Условные обозначения на рисунке 3.9

Рисунок 3.11 – Локальная зона нарушения с контрастными границами раздела, интерпретируемая как неотектонический разлом. Участок Козыдон-Гибитандон, профиль 15 (По данным Чотчаева Х.О., 2020г.).

**Деляпсий сейсмогравитационный (dpS).** На территории работы выявлены крупные оползни-срывы коренных пород сейсмогравитационного происхождения в пределах правого борта нижней части долины р. Бубудон. Здесь, вдоль гребневого водораздела на аэрофотоснимках масштаба 1:30000 выявлена ветвящаяся сеть сеймотектонических разрывов, которая при детальнх работах масштаба 1:10000 представляет собой систему линейно-кулисных оползневых цирков. Простираение и положение в плане сеймотектонических разрывов точно совпадает по простираению с

северо-западным продолжением Згильского взброса, отделяющим Згильскую свиту от расположенной к северу Тибской свиты.

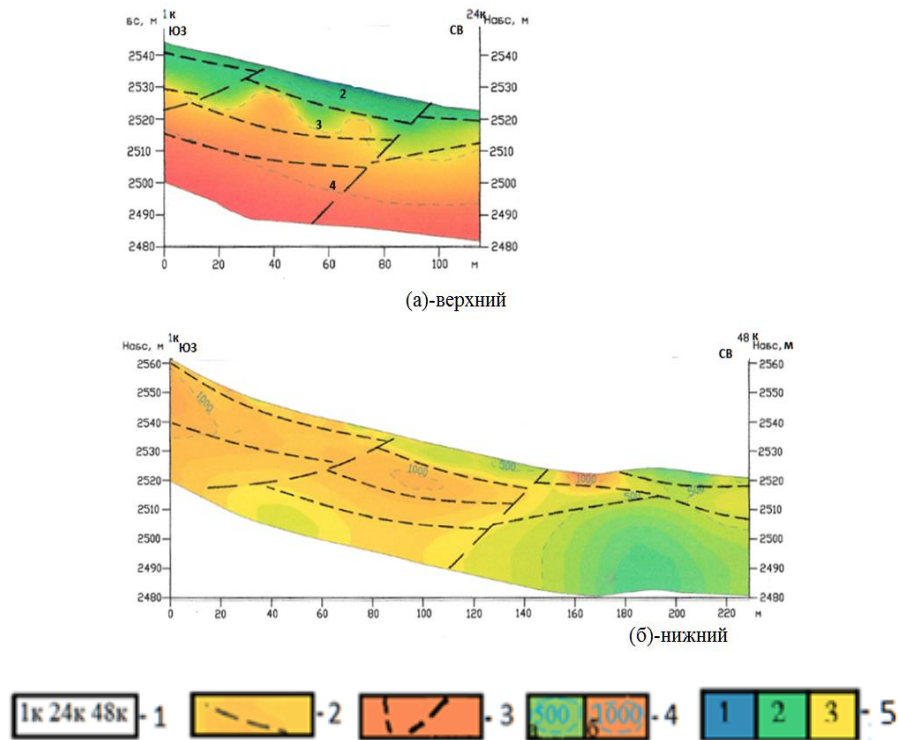
В правом борту долины р. Зруг при слиянии с правым притоком у с. Херхестикау выявлен сейсмогравитационный оползень-срыв во фронтальной части дефлюкционных накоплений позднего неоплейстоцена I генерации. Он отделяется от основной части накоплений, хорошо выраженной в рельефе крутопадающей к северу плоскостью срыва. Смещение сейсмогравитационного оползня-срыва привело к оттеснению и изгибу русла к востоку от своего первоначального прямолинейного положения в плане. С учетом сказанного, возраст сейсмогравитационного срыва следует воспринимать как позднеголоценовый. Сейсмоструктурный разрыв (Рисунок 3.12) выявлен в гребневых частях бортов р. Зруг Малый над комплексом боковых морен позднего голоцена в левом борту долины. Смещение маркируется наличием обвальных накоплений голоцена, лежащих на северо-западном склоне водоразделов и в коренных породах нижнего мела.

**Аквальный ряд отложений.** На территории работ присутствуют пролювиальные, аллювиально-пролювиальные, селевые, аллювиально-флювиогляциальные и аллювиальные генетические типы, представляющие собой отложения русловых частей речных долин и их притоков генетические типы, представляющие собой отложения русловых частей речных долин и их притоков.

**Пролювий (рIV).** К голоцену отнесены устьевые конусы выноса пролювия второстепенных, преимущественно сравнительно крутых эрозионных врезов-притоков в долинах правого борта Бубудона, в среднем и верхнем течениях Земегона, в долине р. Зруг и ее главных притоках. В зависимости от особенностей бассейна водосбора пролювий конусов выноса имеет тот или иной литологический состав и гранулометрию. В долине р.р. Зруг, Зруг Малый и Зруг Восточный в борта трогов врезаны крутые эрозионные ложбины, выше плеч трогов формирующие скальные цирки водосборов. Размеры пролювиальных конусов по фронту не велики, от 50 до 100 м, сложены дресвой и щебнем с небольшим количеством мелких фракций.

Аналогичные конусы пролювия присутствуют в левом борту р. Зруг на участке долины между с. с. Бирахтыкау – Таугазтикау. В ряде случаев, (правый борт р. Зруг до слияния с р. Зруг Малый, правый борт р. Зруг Восточный), конусы пролювия более обширны, составляют по фронту 200-400 м и формируют пролювиальные шлейфы подножий. Здесь по геофизическим данным на профиле 55 отмечается чешуйчатая

форма проявления тектонической активности за счет тангенциального сжатия (Рисунок 3.12). В лежачем боку северо-восточного нарушения породы изменены до низкоомных.

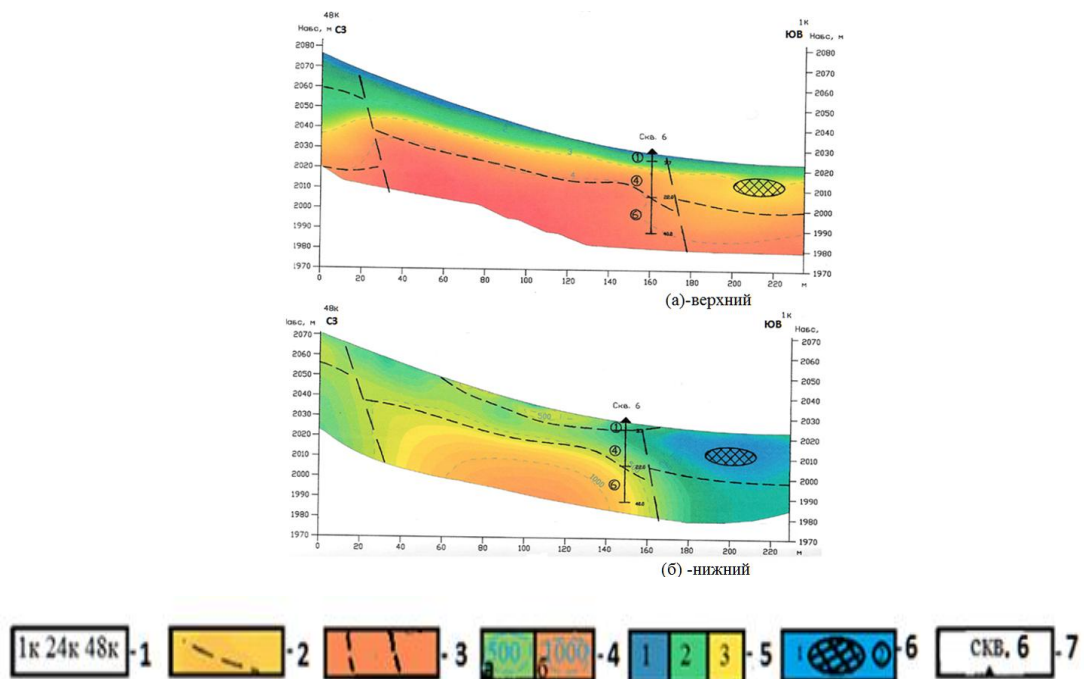


Условные обозначения на рисунке 3.9

Рисунок 3.12 – Чешуйчатая форма тектонического проявления за счет тангенциального сжатия и зона повышенной проводимости на северо-востоке профиля электротомографии (рисунок (б)-нижний) глубинного тектонического воздействия. Участок Зруг. Профиль 55 (По данным Чотчаева Х.О., 2020г.).

На участке строительства деревни Лисри на профиле 900-2 геофизические методы комплексно отмечают карстовые проявления в современной коре выветривания на глубине 6-7м (Рисунки 3.13; 3.14). Приразломная зона к юго-востоку по электрическому параметру характеризуется проводящей средой. В приустьевой части долины Кайтикомдона, напротив с. Лисри, (Рисунок 3.15) сформирован обширный позднее неоплейстоцен-голоценовый пролювиальный конус, в правом плане которого располагается аллювиально-пролювиальное русло. Селевые врезы, выносящие обломочный материал из скальных кулуаров (31 цирк), поставляют обломочный материал в днище долины и формируют селевое русло бассейна, протягивающееся до

впадения в Мамисондон. Единовременный выброс селевых накоплений составляет 25-30 тыс. м<sup>3</sup> и может перекрывать русло Мамисондона у с. Клиат.



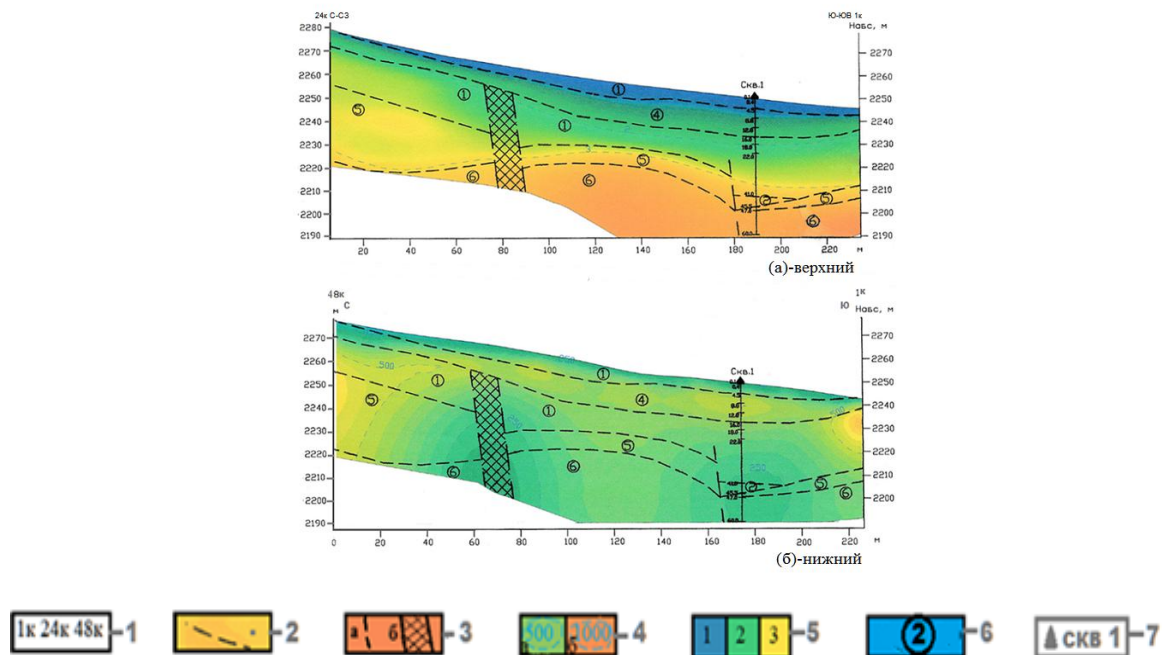
1–Номера каналов сейсмических и электротомографических кос. 2–границы горизонтов, дифференцируемые по скорости продольных волн и удельному электрическому сопротивлению. 3–Разрывные нарушения по данным сейсмопрофилирования (а) - верхний и электротомографии (б)- нижний. 4–Удельные электрические сопротивления: а–в четвертичных образованиях, б– в коренных породах. 5– Скорости продольных волн: 1–в четвертичных образованиях, 2-в современной коре выветривания, 3–в дислоцированных коренных породах. 6– карстовые проявления (1), номера дифференцируемых слоев (2), 7– скважины буровые для инженерно-геологических изысканий.

Рисунок 3.13 – Выявление опасных по просадочным свойствам сугликов по относительно низкому (до 100 Омм) удельному электрическому сопротивлению (б)- нижний и установление границы между коренными горными породами и покровом рыхлых четвертичных отложений, четко различающихся по упругим свойствам (а)- верхний. Участок Лисри, профиль 900-2. (По данным Чотчаева Х.О., 2020г.).

В устьевой части долины р. Згил, напротив одноименного селения, сформирован обширный позднеплейстоцен – голоценовый пролювиальный конус, рассеченный почти прямолинейным селевым врезом современного русла. В русле и в приустьевой части,



при впадении в Мамисондон, присутствуют наносоводные селевые накопления. Зафиксированный объем единовременных селевых накоплений до 23 тыс. м<sup>3</sup>.

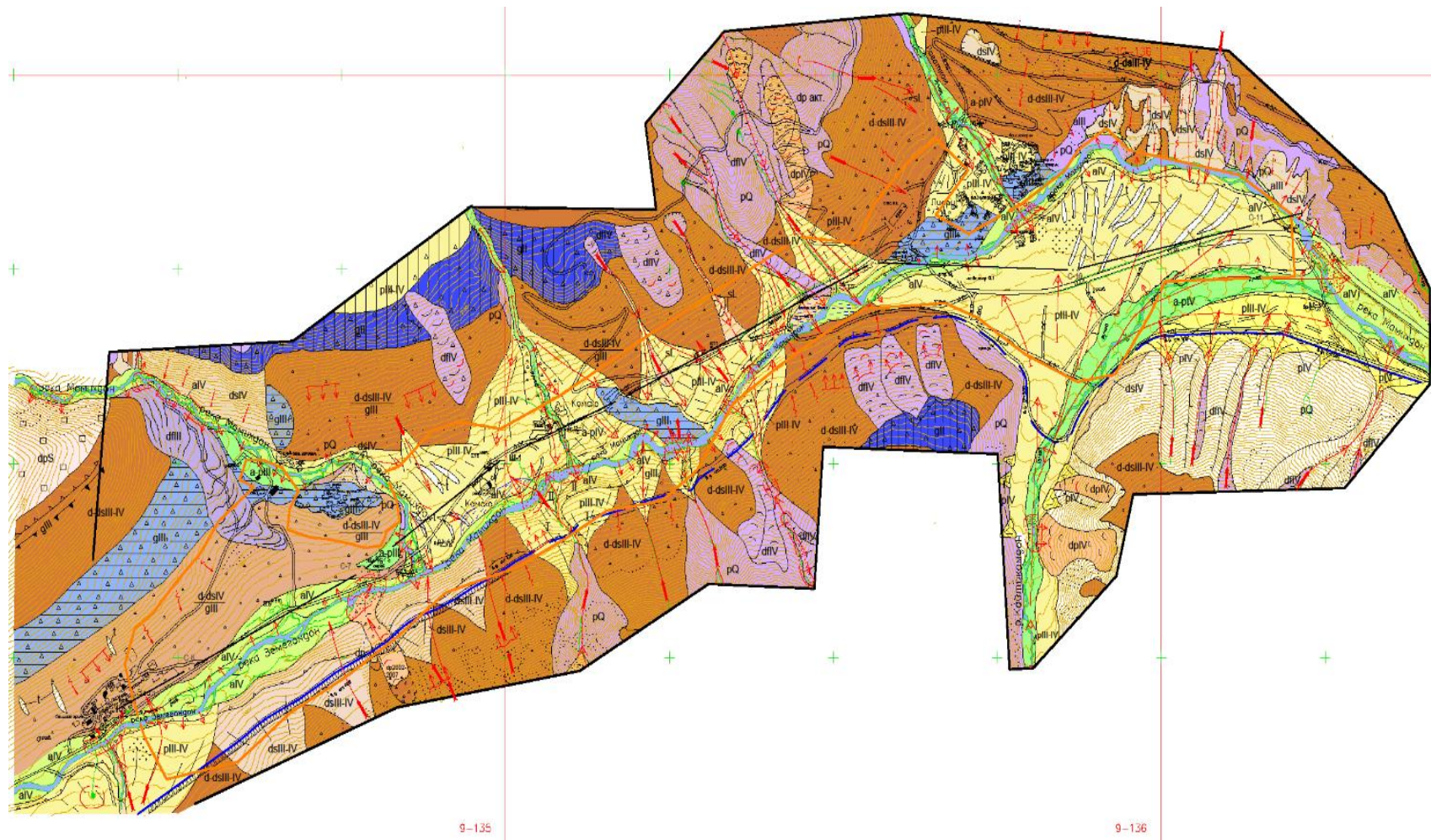


Условные обозначения см. на рисунке 3.13

Рисунок 3.14 – Зона тектонического нарушения и разрыв, выявленные в коренных породах под покровом четвертичных отложений по данным: сейсморазведки, МПВ (а)-верхний и элетротомографии (б)-нижний. Профиль 500-1. Участок Козыком–Згил (По данным Чотчаева Х.О., 2020г.).

Селеформирующую активность проявляют правые притоки Земегона Хицанштан и Дзуарыкомдон, где на поверхности пролювиальных голоценовых конусов сформированы селевые русла с селевыми выбросами до 1 тыс. м<sup>3</sup>.

В бассейне Зруга селеносны практически все протяженные эрозионные врезы на склонах троговых долин – притоков. Наиболее селеносно активны крупные эрозионно расчлененные скальные цирки левого борта р. Зруг выше по течению от впадения р. Зруг Малый.



Условные обозначения на рисунке 3.4

Рисунок 3.15 – Карта четвертичных отложений и развития опасных геологических процессов на площадке деревни Лисри. М 1:5000 (данные геолокационных зондирований Чотчаева Х.О., 2008г., карта фактов Гончаренко О.А., 2012г.).

**Аллювиально-флювиогляциальные отложения (a-fgIV).** Аллювиально-флювиогляциальные отложения залегают на неровной поверхности донной морены с образованием озерных понижений, заполненных осадком. Распространены в троговой части долины Хицанштан в каждом из ее трех притоков. Обломочный материал поступает из моренных накоплений позднего голоцена, формируя широкие (50-100м) и протяженные (0,4 – 1,2 км) участки отложений перед фронтом моренных комплексов позднего голоцена. Аллювиально-флювиогляциальные отложения выявлены так же в средней части троговой долины Зруга, во фронтальных частях комплексов ледника Халаца. Здесь на протяжении 0,8 км. вдоль днища долины отмечены аллювиально-флювиогляциальные отложения до 150-200 м. в поперечном сечении.

**Аллювий (aIV).** В условиях близости областей питания обломочным материалом к руслу основных транзитных долин преобладает горный вариант руслового аллювия, для которого характерно наличие разной степени окатанности и значительный разброс гранулометрического состава. В средних и верхних частях речных долин, где преобладает селевое или моренно-флювиогляциальное питание обломочным материалом (р.р. Козыдон, Гибитандон, Ручатдон, Лагатком, Кайтикомдон, Згил, Дзуарыкомдон), в составе аллювия резко преобладают неокатанные фракции вместе с подчиненным количеством окатанных разностей.

Активно проявленная тектоника в коренных породах и коре выветривания, зоны нарушения, карсты на глубинах 5-6м отмечаются на комплексных геофизических, разрезах выполненных на участке Козыком-Згил (Рисунки 3.14, 3.16).

В области высокогорного рельефа в настоящее время происходит размыв морен с образованием в них промоин, извилистой формы, различной ширины и глубины с переходом их в овраги, селевые рывины и мощные селевые врезы.

В метаморфических и магматических породах эрозия наиболее интенсивно происходит по зонам интенсивной трещиноватости и тектоническим разрывам. Склоны в результате постоянного смыва дерна и почвы при крутизне всего 25-30° на отдельных участках обнажены на высоту 120-150 м.

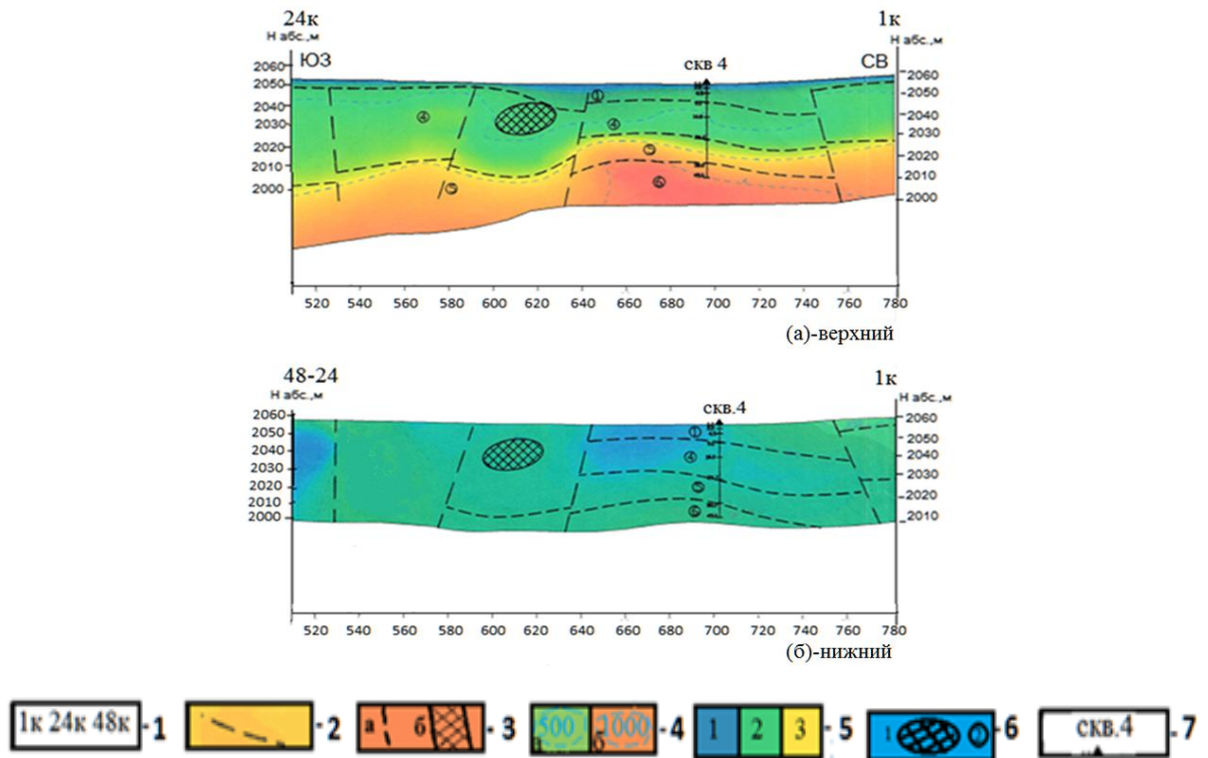
### **3.2 Состояние мониторинга экзогенных геологических процессов (ЭГП) высогорного региона Северной Осетии**

Наибольшее развитие ЭГП происходит на территории горной и предгорной части Кавказа, где наблюдается устойчивая долговременная тенденция увеличения региональной активности их проявления, обусловленная нарастанием энергии рельефа в результате современных тектонических движений и влияния техногенного воздействия [Zaalishvili et al., 2019]. Основу режимных наблюдений составляют инструментальные измерения на грунтовых реперах.

Геофизические наблюдения выполнялись на 22 точках методом круговых ВЭЗ для определения пространственной направленности оползневой активности [Адцеев и др., 2015; Kaab et al., 2005; Cascini, 2005; Guzzetti et al., 1999].

Особенностью нивально-высокогорной зоны Главного и Бокового хребтов является полное отсутствие лесной растительности, способной закреплять склоны и сдерживать развитие экзогенных геологических процессов (ЭГП), глубоко расчлененный эрозионно-тектонический рельеф, широкое развитие оледенения, сопровождающееся криогенным выветриванием с накоплением огромного количества обломочного и моренного материала в карах и троговых долинах, чему способствует и тектоническая раздробленность пород. Такое сочетание факторов способствует формированию здесь обвально-осыпных процессов. Большое скопление обломочного материала в моренах и осыпях и огромные запасы воды, аккумулированной в ледниках, служат источником для формирования селей [Oliver Kogura et al., 2007; Bury et al., 2011; Chevallier et al., 2011]. Здесь зарождается и проходит большинство лавин, лотки которых в весенне-летний период служат для прохождения осыпного, обломочного и пролювиального материала.

Инженерно-геологические условия высокогорной зоны по многим параметрам мало отличаются от нивально-высокогорного пояса. Это объясняется широким развитием оледенения, способствующего криогенному выветриванию и скоплению большого количества обломочного материала. В то же время, захватывая значительную зону, нежели нивально-высокогорная, высокогорная область характеризуется широким развитием слабометаморфизованных юрских и нижнемеловых пород Северо-Юрской депрессии и Скалистого хребта [Lipovsky et al., 2008].



Условные обозначения на рисунке 3.13

Рисунок 3.16 – Блоковое тектоническое дробление дочетвертичного основания и карстовое проявление по материалам методов сейсмопрофилирования (МПВ) (а) - верхний и электротомографии (б) нижний. Участок Козыком-Згил, профиль 2-200-1. (По данным Чотчаева Х.О., 2020г.).

Средне-низкогорная область занимает высотный пояс, верхняя граница которого проходит на отметках 1500–1600м на западе Центрального Кавказа и поднимается до 1800–2000м на его восточном фланге. Пространственно включает Северную Юрскую депрессию, Скалистый и Пастбищный хребты, повторяя контур распространения отложений верхней юры, нижнего и верхнего мела и палеоцен-эоцена.

Тяжелые геоэкологические последствия для горных территорий связаны с горнорудной и транспортной отраслями, многократно усугубляющие естественную эволюцию окружающей среды [Богуш и др., 2018]. Горные территории Северной Осетии, как традиционно горнорудный регион, долгое время развивались, используя ресурсную модель рудодобывающей деятельности, поддерживая ее такими же трудозатратными поисково-разведочными работами для прироста запасов рудного сырья [Бурдзиева, 2014; Uraskulov, et al., 2018].

В связи с этим в рудных районах формируются крупные и катастрофические оползни объемом в сотни тысяч кубических метров, глубокие провалы над горными выработками, прогнозная оценка проявления которых требует непрерывного мониторинга [Посыльный и др., 2017а; 2017б].

### 3.3 Современное проявление опасных геодинамических процессов

Особенности формирования и взаимосвязь эрозионных опасных геологических процессов и их влияние на геоэкологию высокогорных территорий объединяют характерные опасные природные экзогенные геологические процессы определяющие геоэкологическое состояние высокогорных территорий (Рисунок 3.17).



Рисунок 3.17 – Характерные опасные природные экзогенные геологические процессы определяющие геоэкологическое состояние высокогорных территорий

[Чотчаев и др., 2020]

Расположение территории предполагаемого экономического развития в зоне альпийской тектономагматической активизации Большого Кавказа определяет свойственные областям альпийской складчатости сложные инженерно-геологические условия, вызванные разнообразием литологического состава пород, их интенсивной тектонической нарушенностью, активной неотектоникой и сейсмичностью, широким

развитием современных экзогенных геологических процессов. [Чотчаев и др. 2017; Бурдзиева и др., 2016].

Сведения о генетических типах, пространственных и количественных характеристиках, состоянии объектов опасных экзогенных геологических процессов являются основными исходными данными для предпроектного решения инженерных изысканий [Khyisa Chotchaev et al, 2019; Чотчаев и др.; 2019а; Espiner, Becken, 2014; Kääb, et al., 2005] и могут быть использованы для разработки мер безопасности и планирования структурами управления безопасностью [Минаев, Фаддеев, 2009; Махов, 2012; Батугин, Болотный, 2009; James et al., 2004]. Инженерная защита сооружений от сочетаний взаимообусловленных катастрофических и опасных процессов [Langridge, Veban., 2011; Luthe et al., 2012] должна использоваться по научно обоснованной технологии минимизации динамического воздействия на грунты. Из экзогенных геологических процессов на территории распространены: выветривание, эрозионные, селевые и гравитационные (оползневые, обвальные), лавинные, солифлюкция, суффозия.

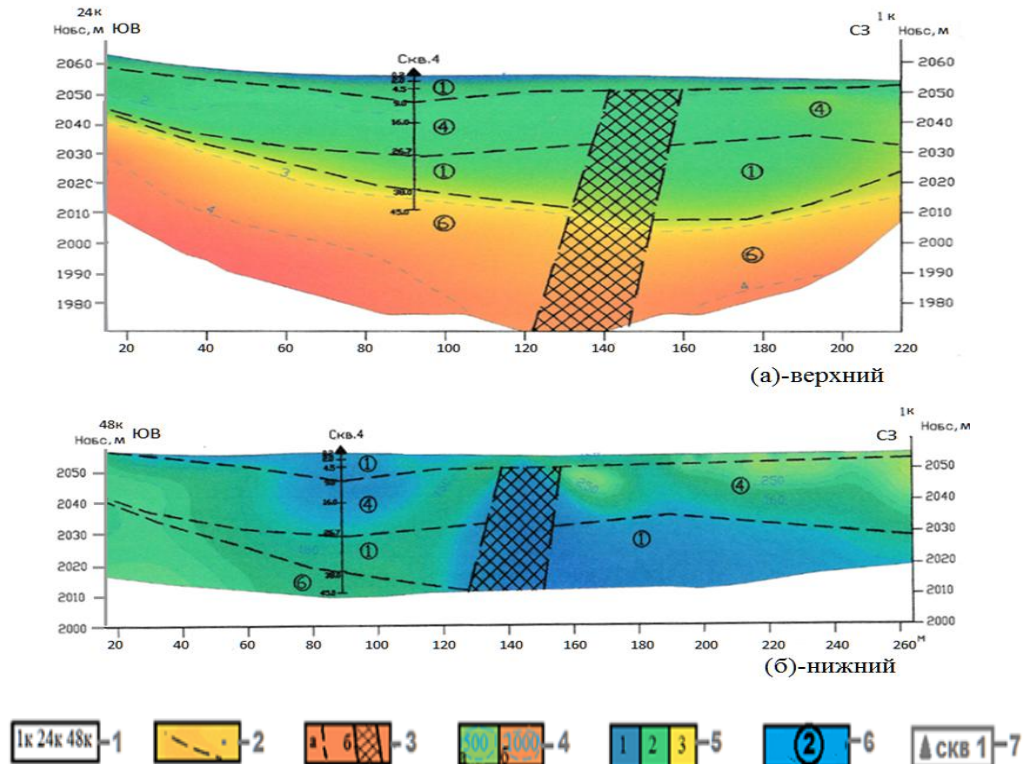
### **3.3.1 Выветривание**

Выветривание – наиболее распространенный геологический процесс. Особенно интенсивно выветриваются сланцы лейаса и породы флишевой формации. Песчаники, алевролиты и известняки распадаются на отдельные глыбы и куски. Процесс широко развит по всей площади, как на гребневых ее участках, так и на склонах, особенно проявлены по разрывным тектоническим нарушениям и зонам их влияния (Рисунок 3.18). Это основной источник обломочного материала для очагов формирования селей, оползней и образования склоновых отложений разных генетических типов и элювиальных на гребневых и пригребневых частях территории.

### **3.3.2 Эрозионные процессы**

Эти процессы широко развиты на всей территории, к ним относятся плоскостной смыв, овражная, боковая и донная эрозия рек. Активизация процессов эрозии в региональном масштабе связана с современным тектоническим поднятием орогена

Большого Кавказа, оцениваемый скоростями от 2 до 14 мм/год. Восходящие движения увеличивают общую энергию рельефа, которая и так достаточно высока. В высокогорных районах длина эрозионной сети составляет 2,5-3,4 км/км<sup>2</sup>, а глубина местных базисов эрозии достигает 1000-1500 м. В этих условиях водные потоки характеризуются большой скоростью (до 3 м/сек и более) и выполняют значительную эрозионную работу.



Условные обозначения на рисунке 3.13

Рисунок 3.18 – Козыком-Згил. Профиль 300. Зона влияния активного тектонического нарушения, характеризующая дифференциацию разреза по степени изменения пород (По данным Чотчаева Х.О., 2020г.).

**Эрозионная деятельность рек и ручьев (боковая и вертикальная глубинная эрозия).** Практически по всей площади горные реки, за исключением участков узких скальных каньонов, не имеют постоянной привязки линии основного водосброса. Расходы во время ливней и снеготаяния возрастают на порядок и более.

Основными объектами поражения этого вида опасных процессов являются населенные пункты, дороги, мосты, газопроводы, ЛЭП.



Суммарная пораженность территории всеми видами эрозионных процессов составляет более 40% и классифицируется как опасная.

**Плоскостной смыв.** Плоскостному смыву подвержены главным образом почвы, кора выветривания делювиальные и элювиальные суглинки на слабо расчлененных склонах крутизной до 30° и пологих широких гребневых участках водоразделов. Особенно активно этот процесс развивается во время весенних и осенних дождей, когда склоны менее всего защищены растительным покровом.

### 3.3.3 Селевые потоки

Пораженность территории составляет около 50%, на границе категорий опасных и весьма опасных [Шеко, 1980]. Всего классифицировано 183 селевых очага всех генетических групп и морфологических типов с потенциалом разового выброса твердой массы в объеме до 100 тыс. м<sup>3</sup>. Развиты генетические группы селевых очагов: связанные со скоплением рыхлообломочного материала в руслах временных и малых, с подпруживанием рек и связанные с деятельностью современных ледников.

**Очаги, связанные со скоплением рыхлообломочного материала в руслах временных водотоков.** В рамках этой генетической группы выделяются по морфологическим признакам следующие типы: скальный селевой очаг; селевой врез (Рисунок 3.19); очаг рассредоточения селеобразования; селевая рытвина.

К наиболее крупным селевым очагам следует отнести Лагатком, Кайтиком, Ручатдон, Гибитандон, непосредственно угрожающие деревням Згил и Лисри, Селевые выносы Восточного Зруга опасны для деревни Зруг. Потенциалы выбросов твердой составляющей могут достигать 70 тыс. м<sup>3</sup>.

Широко распространены очаги, связанные с подпруживанием рек особенно опасные своей внезапностью, большими расходами, непредсказуемыми последствиями и практически мгновенным созданием условий селеобразования.

Подпруды рек могут быть оползневыми, обвальными [Виноградов, 1976], очаги, связанные с деятельностью современных ледников, по своей внезапности и разрушительному воздействию подобны селевым потокам прорыва подпруд (Рисунок 3.20). К объектам внезапного прорыва относятся моренные озера, озера приандровых частей ледников и полости термокарста, возможное наличие которого отмечается по

фиксированным отсадкам изометрической формы на площадках захороненных ледников и эффективно контролируемые геолокационным зондированием

Потенциально опасными моренными озерами являются: озеро в правом борту верховьев р. Земегон; озеро в правом борту верховьев р. Зруг; озеро Козское в верховьях цирка р. Козыдон. Они относятся к разряду озер с потенциалом прорыва, в зависимости от сезона и гидрометусловий, от 20 тыс. м<sup>3</sup> (озеро Зругское) до 200-300 т. м<sup>3</sup> (озеро Козское). Необходимо отметить формирование так называемых гляциальных селевых потоков, связанных именно с современной деятельностью ледников.



Рисунок 3.19 – Большая площадь водосбора с густой сетью эрозионных врезов создают условия для селеобразования уже на рубеже количества осадков 40мм/сут. Пример селевого вреза р. Дзурыкомдон (фото Тавасиева Р.А., 2011г.)

К гляциальным процессам следует отнести один из самых опасных - селевые потоки прорывного характера. Это касается, как самих ледников с закрытыми трещинами и полостями заполненными водой, так и участков захороненной части ледника (термокарст) и участков развития каменных глетчеров с ледовым ядром полностью или частично растаявшим.

В таких захороненных полостях объемы воды могут достигать в 20-30 тыс. куб. м и более (г. Тырнауз, л. Герхожан, 2002 г.). Прорыв вод такой природы, внезапен,

проходит в полном своем объеме одновременно и в кратчайшее время образует мощный селевой поток. Наличие термокарста отмечено практически во всех ущельях, как по телам захороненных (забронированных) ледников, так и по каменным глетчерам. Все площадки предполагаемой застройки находятся под воздействием селевых потоков.



Рисунок 3.20 – Прорыв подпрудных вод р. Адайкомдон у с. Верх. Зарамаг (фото Агибаловой В.В., производственные фонды СОГРЭ, 1987г.).

Деревня Лисри (Рисунок 3.15) с левого борта р. Мамисондон подвергается воздействию селевого потока ручья Лагатком. Селевой очаг комплексный многокамерный. Отмечены несколько участков возможного оползневого и селевого перекрытия русла с образованием водонакопителей прорывного типа объемом до 10-15 т. м<sup>3</sup>. Характер накопления материала - оползневой, обвальный, осыпной, эрозионный, селевой.

Водосборная площадь 10,7 км<sup>2</sup> при выпадении осадков на уровне первой селеобразующей ступени в 40 мм, площадь принимает на себя до 500 тыс. м<sup>3</sup> воды. Фактически зафиксированный объем выброса в 1970 определялся в 30 тыс. м<sup>3</sup>. Разрушена часть села и каменный арочный мост на Военно-Осетинской дороге, построенный в 1897 г. Ширина потока составляла 57 м.

На противоположном борту на площадку воздействует еще один селевой бассейн – Кайтикомдон. Селевой очаг комплексный, многокамерный с разными

морфологическими типами подпитывающих камер – 21. Протяженность водотока 7, 21 км, средний уклон 0,22. Водосборная площадь 10,5 км<sup>2</sup>, при выпадении осадков в 40 мм, бассейн принимает до 500 тыс. м<sup>3</sup> водной массы.

Потенциал разового выброса твердой составляющей определяется в 100-150 тыс. куб. м. Фактически зафиксирован в последние 10 лет (3 раза) с объемами выбросов от 20 до 35 тыс. куб. м с полным перекрытием русла р. Мамисондон.

С левого борта р. Мамисондон (Рисунок 3.5) на территорию воздействует селевой поток Ручатдон. Протяженность главного водотока - 3,52 км, уклон - 0,28, площадь водосбора - 3,07 км<sup>2</sup>. Бассейн многокамерный – всего 11 камер, запас обломочного материала определяется в миллионы куб.м.

Значительное воздействие на территорию строительства в части селевого поражения может оказывать р. Бубудон (Рисунки 3.5, 3.15). Протяженность основного водотока 9,2 км, средний уклон – 0,22, площадь водосбора – 23,41 км<sup>2</sup>. Бассейн следует отнести к многокамерным, по морфологическим типам к комплексным (врезы, рывины, скальные, рассредоточенного типа селеобразования). Селевой бассейн Гибитандон расположен в 200 м западнее с. Згил в левом борту р. Земегон и непосредственно угрожает строительной площадке деревни Згил (Рисунки 3.6). Длина главного водотока 4,91 км, средний уклон - 0,25, площадь водосбора - 2,58 км<sup>2</sup>. Поступление твердой составляющей, оползневая, селевая, осыпная, обвальная, лавинная. Запасы – миллионы куб.м.

Объемы накопителей могут достигать 5-10 тыс. м<sup>3</sup> и при прорыве в течение 50-70 сек. обеспечить расход до 100 м<sup>3</sup>/сек со всеми вытекающими последствиями. Фронт поражения в секторе до 60° на уровне действующей дороги достигнет до 500 м. Объем потенциального выброса твердой составляющей может превышать 100 т. м<sup>3</sup>.

Селевой бассейн р. Згил (Бebetыдон) с правого борта р. Земегон воздействует на площадку застройки деревни Згил.

Длина основного потока 3,92 км, уклон - 0,36, площадь водосбора - 3,81 км<sup>2</sup>. Бассейн многокамерный, комплексный. Объем потенциального выброса твердой составляющей может определяться в 80-100 т. м<sup>3</sup>, зафиксированный - 23 т. м<sup>3</sup> с перекрытием русла р. Земегон. Зона потенциального поражения в секторе 90° при ширине фронта на уровне русла р. Земегон до 1000 м.

Селевой бассейн Дзуарыкомдон (Кош Кима) расположен в правом борту р. Земегон воздействуя на южную часть деревни Згил (Рисунок 3.4). Длина главного водотока - 5,82 км, средний уклон - 0,26, водосборная площадь - 7,47 кв. км. Бассейн многокамерный с полным набором морфологических типов. Потенциал бассейна с его огромной водосборной площадью может превышать 100 тыс. м<sup>3</sup>.

Площадке строительства деревни Козыком непосредственно угрожает 3 селевых очага (водосборы 54, 56, 57), в зоне разгрузки которых находится указанная площадка (Рисунки 3.6). Строительные площадки деревни Зруг, как нижняя, так и верхняя подвергаются воздействию селевых потоков (Рисунки 3.8).

Одним из самых серьезных селевых бассейнов воздействующих на нижнюю часть застройки деревни Зруг является селевой очаг водосбора 103. Очаг многокамерный, скальный, протяженность основного водотока - 1,91 км, средний уклон - 0,40, площадь водосбора - 0,95 км<sup>2</sup>. Весь очаг сложен терригенными породами, деструктурированными сейсмовоздействием в голоцене. При ливневом дожде с выпадением до 40-50 мм площадь принимает на себя около 40-50 тыс. м<sup>3</sup> воды.

### 3.3.4 Обвально-осыпные процессы

Около 80% всей площади исследования перекрыта рыхлообломочными отложениями, значительная часть которых является продуктом именно обвально-осыпных процессов.

Причинами обвалов в условиях резко расчлененного рельефа и наличии интенсивно дислоцированных пород являются: активные геодинамические процессы, весьма характерные для территорий расположенных на стыках мегаплит; явления накопленного сейсмического воздействия (природного и техногенного); сейсмовоздействие (Рисунок 3.21); механизм работы трещин бортового отпора.

На территории к обвалоопасным можно отнести любой крутосклонный (до 50°-90°) участок, сложенный скальными породами, но к наиболее вероятным следует отнести участки развития мощных тектонических нарушений (Цесский надвиг и серия тектонических разломов южного склона - Северный и Нарский разломы, Тибский, Халацинский, Згильский, Саухохский) и зоны развития новейших разрывных

сейсмодислокаций, как способа разрядки эндогенных тектономагматических напряжений.

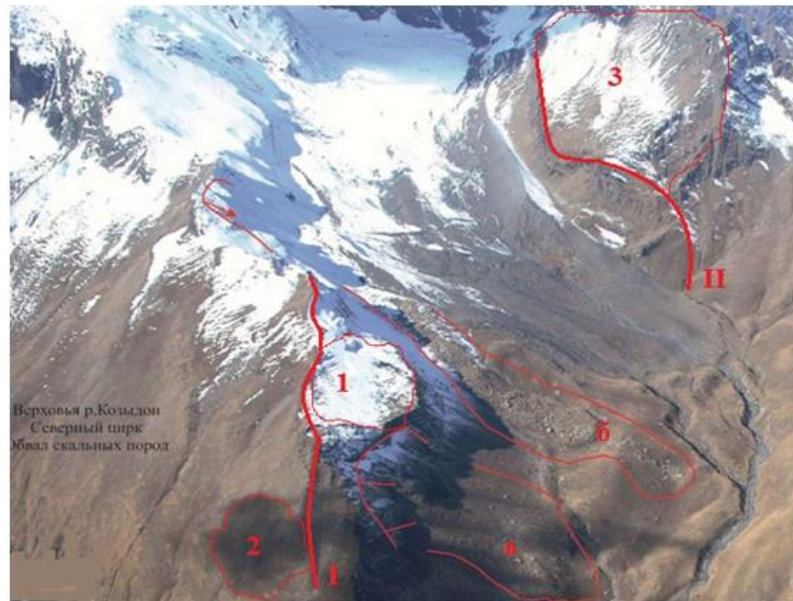


Рисунок 3.21 – Проявление сейсмодислокаций в верховьях Козыдон: I-II- сеймотектонические швы; 1, 2, 3- сейсмические сколы; а, б –обвалы и осыпи.

(фото Тавасиева Р.А.)

Интенсивные проявления обвально-осыпных процессов происходят в зонах концентрации тектонических нарушений, отчетливо проявляющихся в сейсмических и электрических полях.

Обвально-осыпные процессы поражают до 30% всей площади. Если методы инженерной защиты от осыпных процессов общеизвестны, то от обвалов крупных масштабов может быть только категорический запрет строительства каких бы то, ни было капитальных сооружений в зонах их потенциального поражения.

### 3.3.5 Оползни

Оползневые накопления на территории работ распространены широко, диагностируются вполне уверенно по наличию оползневых цирков в вышерасположенной части склона, по морфологии поверхности накоплений.

Оползни эти, как правило, консеквентные, различных размеров, достаточных для целей картирования в требуемом масштабе и крупные, слившиеся, формирующие

оползневые склоны. В большинстве своем, они обладают ясно выраженными признаками пластического перемещения накоплений и отнесены к голоцену. Более древние генерации подобных накоплений не выявлены (Рисунки 3.4;3.5;3.8;3.11).

Четко прослеживается связь оползневых накоплений с литологией коренных пород: в основном распространение они имеют в пределах песчано-глинистых отложений юры в бассейнах рек Бубудона, Ручатдона, Лагаткома.

Максимального развития оползневые накопления достигают в бассейне Ручатдона на междуречном водоразделе с долиной Лагаткома и в долине последнего. В обеих долинах оползневыми процессами поражены оба склона долин с образованием участков потенциального подпруживания русла. Оползневые накопления имеют в своем большинстве признаки высокой степени активизации склоновых процессов [Veetham et al., 2002].

В средней части долины Козыдона, в ее левом борту выявлены два оползневых тела расположенных над площадкой строительства деревни «Козыком».

По оползневой опасности наибольшее беспокойство вызывает участок автодороги между с.с. Тиб и Сатат. Здесь на интервале 2,5 км отмечены 5 оползней, из которых наиболее опасен оползень «Сатат», сошедший в конце марта 2010г и повредивший участок полотна дороги длиной 60м и разрушивший подпорную стену. Его общий объем составляет 2,0-2,5 млн. м<sup>3</sup>, активная часть около 800 тыс. м<sup>3</sup>.

### 3.3.6 Лавины

Лавины являются наиболее опасными природно-климатическими процессами из-за быстрого развития очага, кратности, скоростью протекания, сокрушительности. Всего на территории документировано 388 очагов лавин лоткового типа с потенциалом выброса 5 тыс. куб. м и выше, из которых 27 потенциально будут угрожать жилым комплексам. Наиболее опасными представляются 14 лавинных очагов, имеющих свои номера в кадастре лавинной службы (характеристики некоторых приведены ниже). Разовый зафиксированный выброс лавинной массы на территории достигал 150 тыс. куб. м.

Лавины воздействуют на геоэкологию только в негативном русле, нанося ущерб древостою, почвенно-растительному слою, вовлекая глыбово-щебенистый склоновый материал, разрыхляя ими и углубляя лавинные лотки.

Более всего распространены лотковые лавины, в зависимости от времени года, гидрометеоусловий и подготовки склонов сходят лавины мокрые, сухие, пылевидные, пластовые («снежные доски») и полужидкой консистенции которые образуются после выпадения осадков в виде дождя на склоны, перегруженные снегом. Большинство лавин относится к разряду скоростных (более 100-150 км/час) и обладают мощными ударными волнами, способными поднять в воздух практически любую технику (автомобили, бульдозеры и пр.). Как правило, перекрываются русла рек с перебросом снежной массы на противоположный борт. Площадка строительства деревни Лисри (Рисунок 3.22) практически полностью подвергается воздействию лавин, как с правого, так и с левого бортов р. Мамисондон (Рисунок 3.8).



Рисунок 3.22 – Последствия для газопровода схода лавинного очага №67 разрыв и сброс вниз к реке 150м. (фото Чотчаева Х.О., ноябрь, 2011г)

На площадку деревни «Зруг» могут поступать снежные массы из лавинных очагов 103 и 95, а также верхних 2х камер очага 104 по южным склонам г. Гинат (Рисунок 3.11).



Лавинный очаг 103, характерный для территории, многокамерный, скальный, водосборная площадь - 0,95 км<sup>2</sup>, протяженность по самому длинному лотку 1,91 км, средний уклон - 0,4. Общий снегозапас до 1 млн. м<sup>3</sup>, расчетный разовый выброс до 300 тыс. м<sup>3</sup>. Зафиксированный - 40-50 тыс. м<sup>3</sup>.

### 3.3.7 Ледники, каменные глетчеры и приледниковые озера.

Ледники и глетчеры в высокогорье представляют повышенную опасность во всем мире из-за катастрофических последствий, внезапности проявления (на самом деле неосведомленности о протекающих статических, динамических, кинематических процессах в теле ледника и вокруг него).

По геоэкологическому воздействию на окружающую среду сход ледника, как правило, имеет катастрофические последствия для местного ландшафта и биоты, которые восстанавливаются десятилетиями [Sharp, 1988; Huggel et al., 2007; Huggel et al., 2008a; Huggel et al., 2008].

Сведения о ледниках территории приводятся в книгах В. Д. Панова [Панов, 1971; 1993] и в Каталоге ледников СССР [Панов, Боровик, 1976; Тушинский, 1963]. В последние годы опубликованы новые работы, посвященные этой теме [Тавасиев, 2009; 2011; Тавасиев, Тебиева, 2010].

**Ледники территории** представлены оледенениями Зругского ущелья – бассейнами рек Зруг Восточный [Подозерский, 1911] и Зруг Малый (Рисунок 3.23), Мамисонского ущелья (каменные глетчеры ущелья Халаца), оледенения бассейна р. Кайтыкомдон (ледники № 279, № 279а, каменный глетчер № 25), оледенения бассейна р. Дзуарикомдон (ледник № 278 карово-долинный) оледенения бассейна р. Хицанштандон, где расположены присклоновые возрожденные каменные глетчеры № 27, 28 и ледники № 275, № 276а) (Рисунок 3.24). Оледенение верховьев бассейна р. Земегон. В самом верху долины р. Земегон расположены два активных каменных глетчера №№ 30 и 31 и ледники № 271 и № 272

Оледенение бассейна р. Козыдон включает ледники № 269 и 269а.

Ледники № 316 и № 315, каровые, южной экспозиции располагаются в пределах оледенения бассейна р. Бубудон.

Оледенение в истоках р. Адайкомдон включает ледник карово-долинный № 313 - Зарамаг и ледник № 311 Цахт каровый, южной экспозиции.

В верховьях оледенения левого борта бассейна р. Адайкомдон расположены ледники № 310, № 309 и № 308

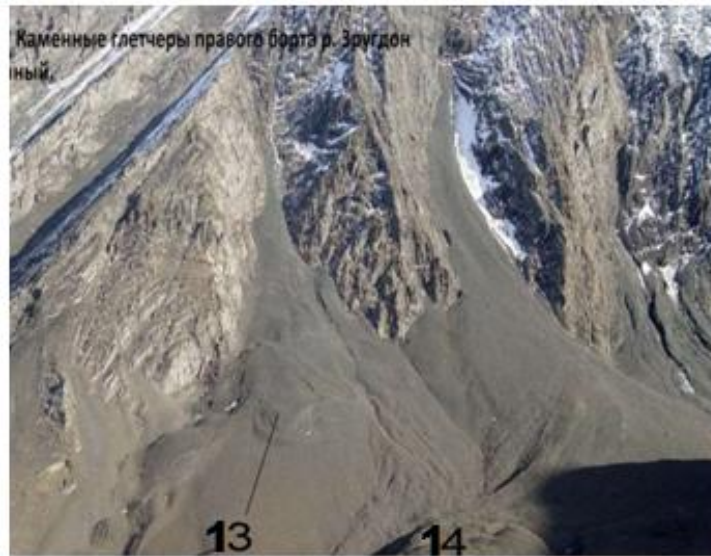


Рисунок 3.23 – Каменные глетчеры 13 и 14 на правом борту р. Зругдон, в зоне воздействия которых, при прорывном скоплении вод либо подвижках, может оказаться туристическая деревня Зруг (фото Тавасиева Р.А., 2011г.).

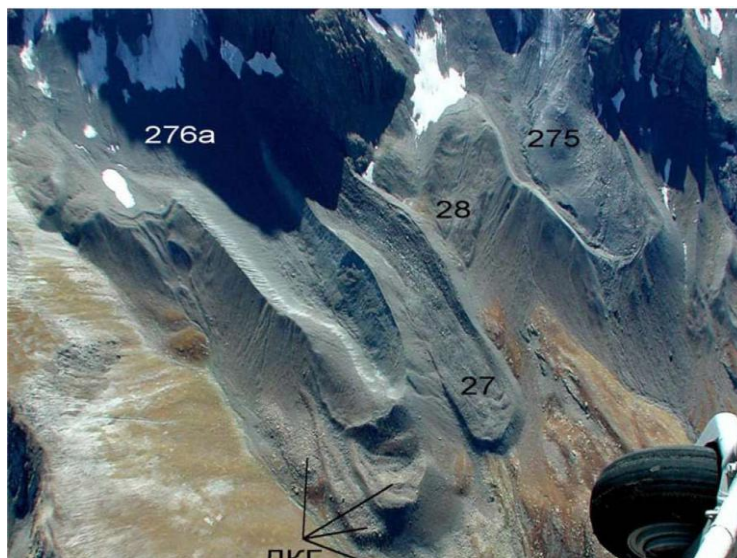


Рисунок 3.24 – Ледники 275 и 276а и каменные глетчеры 27, 28 опасны подвижками от ударов обвальных масс коренных пород при землетрясениях (фото Тавасиева Р.А., 2011г.)

Площадь, занятая ледниками (36 по Каталогу Ледники СССР, Понов, Боровик, 1976), древними каменными глетчерами (34), активными каменными глетчерами (46), приледниковыми озерами размерами до 300м (39), составляет 19 кв. км или 13% площади, занятой инфраструктурными комплексами. Ледниковые подвижки крайне опасны для биоценоза и разрушительны для геоэкологии.

Анализ данных главы позволяет сделать следующие обобщения. Сейсмопрофилирование по методу преломленных волн и электротомографические наблюдения уверенно выявляют под четвертичными отложениями тектонические нарушения в коренных породах и современной коре выветривания. Склоны в результате плоскостного смыва дерна и почвы при крутизне всего 25-30° на отдельных участках полностью обнажены на высоту 120-150 м. Охваченность территории очагами опасных экзогенных геологических процессов следующая: 80% указанной площади перекрыта рыхлообломочными отложениями обвально-осыпного типа с поражаемостью 30% всей территории. Дополнительно к этому, подверженность территории селевому воздействию достигает 50%. Наиболее распространены и активны сели в области высокогорного рельефа в зоне Бокового и Главного хребтов, где сосредоточено около 50 % всех селевых очагов.

Из экзогенных факторов климатического характера наибольшую опасность представляют лавины, опасность схода которых может продолжаться с октября до середины мая. Разовые выбросы лавинной массы достигают 150 тыс. куб. м. Поражению лавинами подвержены 30-35% территории, что отвечает категории «опасные».

Площадь, занятая ледниками, активными каменными глетчерами и древними каменными глетчерами составляет 19 кв. км или 13% всей территории. В количественном выражении это 36 ледников, 46 активных каменных глетчера и 34 древних каменных глетчера, 39 озер ледниковой природы.

В условиях глобального потепления и отступления ледников на обнаженных приледниковых площадях вдоль основного нарушения кулисообразно ему развивается трещинная тектоника. Такого рода активность в приледниковой зоне может угрожать сходом ледника или активного глетчера.

### 3.4 Выводы

1. Масштабы распространения и разнообразие генетических типов четвертичных отложений, характеризуют неустойчивый к физико-механическим нагрузкам литологический состав пород, обуславливающий интенсивное геоэкологическое изменение территории.

2. Основными природными факторами, определяющими механизмы возникновения генетических типов экзогенных геологических процессов, характерных для территории, следует считать высокую сейсмическую активность, расчлененный высокогорный рельеф и густую гидросеть.

3. Установлена пространственная приуроченность экзогенных процессов к блокам высокой и очень высокой геодинамической активности, контролируемых крупными разломными зонами кавказского направления и региональными глубинными разломами меридионального направления, аккумулирующими основные геоэкологические изменения окружающей среды.

4. Сейсмопрофилирование по методу преломленных волн и электротомографические наблюдения уверенно выявляют под четвертичными отложениями тектонические нарушения в коренных породах и современной коре выветривания.

5. В условиях глобального потепления и отступления ледников на обнаженных приледниковых площадях вдоль основного нарушения кулисообразно ему развивается трещинная тектоника. Такого рода активность в приледниковой зоне может угрожать сходом ледника или активного глетчера, способствующих значительному изменению геоэкологического состояния.

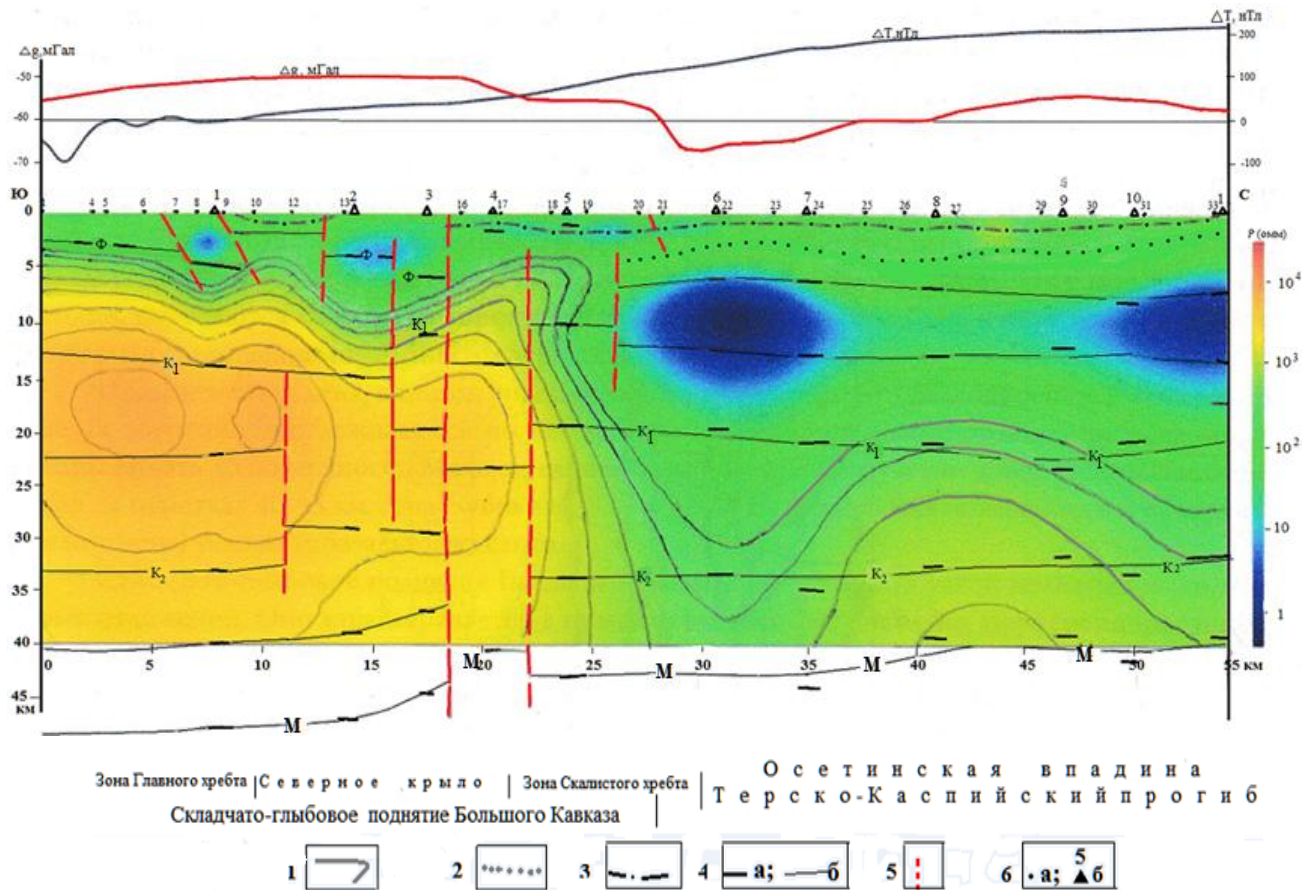
## **ГЛАВА 4. ЭНДОГЕННЫЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НА ТЕРРИТОРИИ ПРОЕКТИРУЕМОГО ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА «МАМИСОН»**

### **4.1 Современные представления о строении литосферы территории проектируемого туристско-рекреационного комплекса «Мамисон». Глубинные исследования северного склона Большого Кавказа**

Для получения глобальных моделей геотектоники и решения задач детального сейсмического районирования Предкавказья и Российской территории орогена Большого Кавказа, были выполнены геофизические исследования методами обменных волн землетрясений (МОВЗ), теллурических токов (МТЗ), гравиметрии, магнитометрии вдоль ряда региональных профилей [Заалишвили, Чотчаев, 2016а].

Результаты исследований представляют особый интерес в установлении закономерностей пространственного распределения основных литолого-стратиграфических и структурно-тектонических элементов Скифской плиты. Одним из таких региональных профилей рассматривается Геналдонский профиль (Рисунок 4.1), исследованный в 2013 г на интервале от северного склона вулкана Казбек на юге до населенного пункта Левокумское на севере.

Разрез на южном фланге профиля характеризует Складчато-глыбовое поднятие Большого Кавказа и Осетинскую впадину, представляющую собой структуру, заложенную в краевой части Скифской платформы Терско-Каспийского передового прогиба. Гравитационные максимумы здесь определяются приповерхностным слоем с избыточной плотностью  $0,15 \text{ г/см}^3$ , верхняя и нижняя границы которого находятся на глубинах 0,5 и 4,5 км, интерпретируемый влиянием толщи глубоководных нижнеюрских осадков с продуктами основного магматизма (дайки, интрузии, силлы Казбекского диабазового пояса), залегающей на кристаллическом фундаменте. В разрезе Геналдонского профиля вулкан Казбек не подтверждается дифференцируемыми элементами действующего либо спящего вулканического аппарата (магматическая камера, жерло, магматический очаг) по аналогии с удовлетворительно дифференцируемыми вулканическими элементами вулкана Эльбруса [Шемпелев и др., 2020].



1 - изолинии электрического сопротивления ( $\lg\rho$ ); 2 - ось горизонта повышенных электрических сопротивлений; 3 - ось проводящего горизонта; 4 - точки (а) и предполагаемые поверхности (б) обмена PS-волн (М - Мохо, К - Конрада, Ф - фундамента); 5 - субвертикальная зона нарушений корреляции волновых форм; 6 - станции МТЗ (а) и МОВЗ (б) .

Рисунок 4.1 – Глубинная геолого-геофизическая модель южного фланга Геналдонского профиля [Заалишвили и др., 2018].

К северу складчато-глыбовое поднятие Большого Кавказа и Осетинскую впадину разделяет зона разлома. Она характеризуется резкими смещениями осей электропроводимости и границ обмена PS-волн, повышенными градиентами гравитационного поля. Зона глубинного разлома, мощность которой достигает 10 км, является региональным Предкавказским разломом и характеризует собой зону сопряжения Альпийской складчатой области и Скифской платформы.

Гравитационная ступень отражает флексурный перегиб Владикавказского разлома в молодых отложениях [Шемпелев, 2007]. На глубинах 5 - 10 км разреза зона

разлома выделяется максимальными градиентами поля электрических сопротивлений. Предкавказский разлом продолжается в мантию.

Установлено, что вдоль южного борта Осетинской впадины в раннетитонское время получили широкое развитие рифогенные постройки, которые впоследствии были доломитизированы [Вобликов, и др., 2006]. На разрезе они выделяются повышенными значениями электрических сопротивлений к югу от хорошо проводящей соленосной толщи в интервале 18-25 км профиля. Сейсмическими работами рифогенные образования относятся к перспективным структурам на нефтегазоносность.

Корреляционная картина обмена волн в комплексе с данными теллурических наблюдений позволяют выделить глубинные структуры и границы раздела, интерпретируемые как рифовые и две границы консолидированной коры ( $K_1$  и  $K_2$ ) за счет предположительно удвоения мощности условно базальтового слоя. В качестве маркирующей границы выделена граница Мохо. Кристаллический фундамент отмечается на глубинах порядка 5 км.

**Глубинное проявление Ардонского разлома в геофизических полях.** В мозаике сложной геоморфологической и тектонической блокировки Большого Кавказа, подверженного разного уровня амплитудным перемещениям латерального и вертикального характера, без ясного представления общей структуры, как единого геологического сооружения, трудно познать до конца его современную структурно-тектоническую архитектуру. Помочь в решении этой важнейшей задачи могут глубинные особенности кровли консолидированного фундамента. Использование для этих целей дорогостоящие ресурсозатратные геофизические методы ГСЗ, МОГТ, МЛГТ, КМПВ, МТЗ не представляется возможным и выбор ограничивается малозатратными методами.

Использование ММЗ для выделения глубинных структурно-тектонических особенностей разреза, обусловлено присутствием широкого спектра частот микросейсмических колебаний и неравномерной зависимостью распределения интенсивности от частоты [Крисюк, Смирнова, 1986; Любушин, 2008]. Шумы используются при сейсмическом микрорайонировании для таксономического дифференцирования грунтов и прогнозирования землетрясений, для литологического расчленения верхней части разреза земной коры [Надежка и др., 2003].

Использование сейсмических шумов в качестве инструмента при изучении земных недр основано на их пространственной изменчивости и приуроченности к зонам тектонических нарушений, геодинамической активности, эпицентральных зонам потенциальных очагов землетрясений [Спивак, Кишкина, 2004].

На стадии современного развития метода ММЗ [Горбатиков и др., 2010] считается, что информативным параметром (полезным сигналом) в ММЗ является искажение амплитудного поля при взаимодействии со скоростными неоднородностями геологического разреза. Фазовая информация не используется. Форма и глубина залегания неоднородности оценивается исходя из распределения искажения на поверхности и частоте, на которой искажение проявляется. Следует отметить: вывод авторов Программы обработки данных ММЗ наблюдений [Горбатиков, Цуканов, 2011], полученный на основе проведенных результатов численных экспериментов, что разрешающая способность метода при восстановлении изображения по горизонтали можно оценить как  $(0,25 - 0,3)\lambda$  ( $\lambda$ -длина волны), а разрешение по вертикали -  $(0,3 - 0,5)\lambda$ .

Этот вывод означает, что обнаружению при использовании ММЗ подлежат объекты, размеры которых в латерали и по вертикали соответствуют глубине залегания (длина волны  $\lambda = V_R(f)/f$ , где  $f$ -частота колебаний). Таким образом, зная основную моду микросейсмической волны, резонирующую объектом, можно с допустимой погрешностью определить его положение.

Методика проведения экспериментальных измерений сводится к накоплению спектра мощности микросейсмического сигнала в течение некоторого времени, зависящее от сейсмического фона района исследования. В активных геодинамических областях время наблюдения составляет 2-3 часа.

Профиль микросейсмического зондирования субширотного простирания был выбран для прослеживания Ардонского глубинного разлома, впервые упомянутого как результат полевой гравиметрической съемки масштаба 1:50000 в Садонском и Фиагдон-Ассиновском рудных районах Горной Осетии за 1973-1975гг, когда гравитационная ступень амплитудой до 30 мГл, была интерпретирована, как влияние глубинного разлома. С тех пор вопрос о существовании и пространственном положении Ардонского разлома не снимался с повестки дня.



Сопоставление данных, полученных ММЗ (методом микросейсмического зондирования) на профиле В. Згид – месторождение Джимидон в пределах Складчато-глыбового поднятия, с данными гравиметрической и магнитометрической съемки, позволяет уверенно выделить низкоскоростную структуру с размахом в латерали порядка 12,5 км и по вертикали не менее 15 км, которая увязывается с Ардонским глубинным разломом. Наблюдается полное соответствие результатов исследований ММЗ и с данными наблюдений за магнитной индукцией. Это является первым инструментальным подтверждением аномальной неоднородности зоны Ардонского разлома.

В целях установления продолжения Ардонского глубинного разлома на север исследован профиль в равнинной части по структуре Осетинской равнины с помощью магнитометра ММПОС-1 и гравиметра Scintrex CG-5. Гравиметрические и магнитометрические данные на равнинном профиле также удовлетворительно отмечают положение Ардонского разлома.

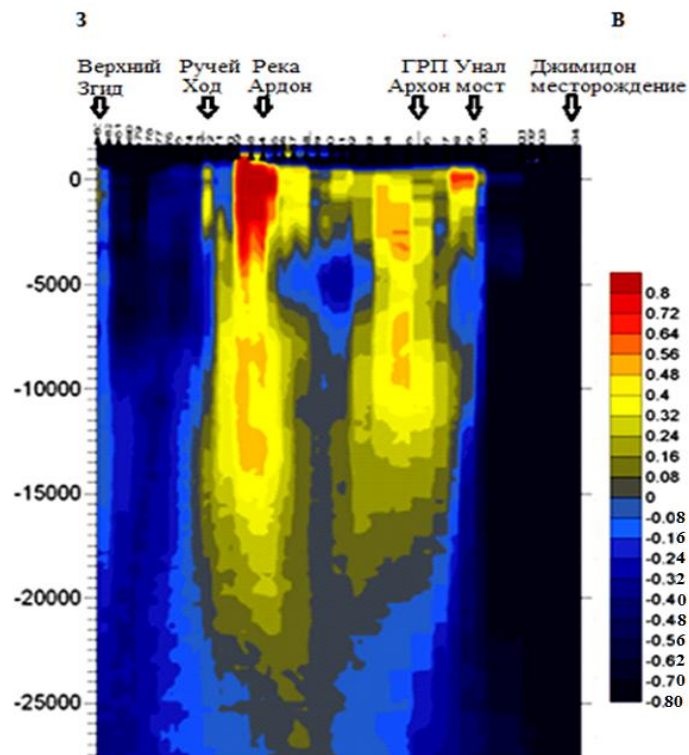
Ардонский разлом сейсмически активный с позднеюрской- раннемеловой эпохи и продолжает быть активным до настоящего времени (к нему приурочены выходы многочисленных минеральных источников), он контролирует зоны ВОЗ [Чотчаев и др., 2019, Заалишвили, Чотчаев, 2018].

В породах Терско-Каспийского прогиба Ардонский разлом отражается в резких изменениях мощностей и фаций отдельных стратиграфических подразделений осадочного чехла [Крисюк, Смирнова, 1986]. В процессе научной деятельности по Программе фундаментальных исследований РАН автор предложил исследовать Ардонский разлом новым геофизическим методом микросейсмического зондирования или ММЗ [Горбатиков, Цуканов 2011].

Результаты ММЗ (Рисунок 4.2) подтверждают сведения о ширине зоны (порядка 10км), но ожидания мантийного продолжения не подтверждаются. Согласно рисунку глубина по падению составляет 23-25км. Эти глубины соответствуют низам оболочки (гранитно-метаморфическому слою).

Для решения задачи возможного продолжения разлома в мантию, вероятно, следует исследования продолжить с сейсмоприемниками, обладающими резонансными характеристиками на частотах 0,01-0,02 Гц.

**Данные переинтерпретации материалов ГСЗ профилей.** На пересекающих структуру Большого Кавказа единичных разрезах глубинных сейсмических зондирований (ГСЗ) вдоль профилей Степное–Бакуриани и Волгоград–Нахичевань [Заалишвили и др., 2015; Короновский, Демина, 2006; Краснопевцева., Кузин, 2009; Краснопевцева и др., 1970; Павленкова 1998, 2012; Shempelev et al., 2017; Юров, 1963] , и в материалах комплексных геофизических исследований методами обменных волн землетрясений, магнитотеллурических зондирований и гравимагнитометрии вдоль региональных профилей, не имеющих продолжения на южном склоне Большого Кавказа, структуры характерные для геодинамической обстановки субдукции не наблюдаются [Шемпелев и др., 2015]. Такой вывод вытекает, главным образом, из-за отсутствия зоны Беньофа с присущим ей распределением очагов землетрясений в сейсмофокальной зоне в верхах мантии. На основе [Краснопевцева., Кузин, 2009] временного разреза, построенного по разности времен ( $\Delta t$ ) годографа первых вступлений  $P$ -волн ( $t_{\text{набл.}}$ ) и значений времени среднестатистического годографа ( $t_{\text{ср}}$ ) дифференцированы скоростные блоки разреза.



Тоновая шкала отклонений от сглаженной модели региональной скорости  $V_{SP}$

Скоростная модель геологического разреза в интерпретации ММЗ.

Рисунок 4.2 – Ардонский глубинный разлом по данным метода микросейсмического зондирования [Заалишвили, Чотчаев., 2016б]

Границы по глубинам между блоками выделяются по коротким осям синфазности (докритических отражений) и точкам дифракций волны на тектонических ступенях, что сближает глубинные разрезы ГСЗ и МОГТ и дает представление о распределении мелкомасштабных неоднородностей и разрывной тектонике. На разрезах ( $\Delta t$ ) основной рой очагов землетрясений концентрируется на глубинах до 25 км. Граница сочленения Большого Кавказа и Предкавказья отмечается сменой отрицательных значений разности времен ( $\Delta t$ ) на положительные.

В зоне сочленения также прослеживается крутопадающая зона сгущений коротких отражающих площадок (докритические отражения), уходящая в верхнюю мантию. Зона сочленения пересекает, без видимого смещения, оболочку и границу Мохо. Граница Мохо под платформенной частью Скифской плиты располагается на глубине 37 – 40 км, в то время как под орогеном Большого Кавказа она опускается до глубины >50 км, образуя прогиб. Кинематика элементов разреза исключает признаки субдукции. Вывод подтверждает современные взаимодействия Южной плиты-террейна (Закавказской плиты) и Скифской плиты как геодинамическую обстановку коллизии, среднефокусные землетрясения и раздробленность на блоки (короткие сейсмические оси синфазности), вероятно, отражают состояние магматической активности за счет веерной разгрузки восходящей мантийной магмы во внутрикоровой блоковой среде.

#### **4.2 Признаки вулcano-плутонических процессов. Вулканизм**

Вулканизм по своему негативному воздействию на окружающую среду является одним из самых опасных эндогенных процессов, при определенной мощности способный изменить климатические условия, повлиять на температуру воздуха, изменить ландшафт, растительность. С прекращением выбросов и излияний лав, пепла, пирокластического материала, флюидов деятельность вулканов не прекращается. Поствулканическое воздействие продолжает сказываться сотни тысяч лет выделением восходящих газогидротерм. В четырех исторически документированных подвижках карового ледника Колка, расположенного на северной экспозиции г. Джимарайхох в восточной части Центального Кавказа, в качестве наиболее вероятной была приведена гипотеза поствулканического газогидродинамического воздействия на ложе ледника остывающего внутрикамерного субстрата стратовулкана Казбек [Бергер, 2007].

Катастрофические последствия последнего схода ледника Колка в 2002 году для геоэкологии долины р. Геналдон на всем 11 километровом пути транзита состояли в разрушении построек, трансформации долины до неузнаваемости по форме, масштабном эрозионном срезе склонов, нагромождении у подножья Скалистого хребта более 140 млн. куб. м ледовокаменного материала, образовании запрудного озера и затоплении жилых домов и хозяйственных построек, нарушении транспортной коммуникации.

Вулканическая активность Центрального Кавказа определялась геодинамической активностью Эльбрусского и Казбекского вулканических центров, объединяющих серию мелких вулканов. Наиболее широко представлены извержения антропогенной фазы, в которой различают пять комплексов. Каждый характеризуется определенным составом вулканогенного материала [Богатиков и др., 2001]. Вулканический конус Казбека [Милановский, Короновский, 1973; Короновский, 1982; Короновский, Демина, 2014] представляет собой экструзивный конус, выдвинутый по зоне Адайком-Казбекского разлома после мощного эксплозивного извержения.

В триасовый период в Арнагском блоке Мамисон-Казбекской зоны, западнее р. Ардон, вулканическая деятельность проявилась в виде образований адайкомского вулканогенного горизонта андезит-дацит-базальтовой формации среди отложений Арнагской толщи [Шемпелев и др., 2020].

**Триас - ранняя юра. Фиагдонский вулканоплутонический комплекс (Т-J<sub>1f</sub>).** Характерной особенностью четвертичного вулканизма Казбекской вулканической области является развитие вулканов центрального типа, образующих отдельные самостоятельные конуса и сопровождающиеся относительно небольшим количеством излившейся лавы. По составу вулканогенные образования представлены андезитами, андезито-дацитами и дацитами. Вулканические проявления представлены излияниями лав и выбросами пирокластического материала вулканического массива г. Казбек [Короновский, 1980]. Типичной формой рельефа для вулканитов является наличие очень крутых обрывов, образующихся в процессе водной эрозии.

В районе г. Казбек магнитное поле имеет резко переменный характер, изменяющийся от  $7 \cdot 10^{-3}$  СГС (южнее г. Казбек) до  $12 \cdot 10^{-3}$  СГС северо-западнее. Намагниченность пород составляет  $1000 \cdot 10^{-6}$  СГС. Контуры магнитных тел не совпадают точно с контурами развития лав, указанных на геологической карте и

занимают гораздо меньшую площадь. Вероятно, они соответствуют подводным каналам, по которым происходило излияние лав. Обобщая вулканическую деятельность, можно сделать вывод о его периодически возобновляемой активности в пределах рассматриваемой территории.

Интрузивные образования. Интрузивное проявление геодинамической активности выражается в деформационных напряжениях, землетрясениях, сейсмичности, изменениях гидрогеологического режима за счет восходящих флюидов различной минерализации, газонасыщенности, агрессивности. Эти факторы влияют на геоэкологию опосредственно изменением физико-механических свойств пород, способствующих их разрушению и интенсивному протеканию экзогенных процессов.

Интрузивные образования развиты весьма широко. Они объединены в магматические (плутонические) комплексы - конкретные парагенезисы пород, слагающие как отдельные тела, так и их совокупности в пределах определенного геологического пространства, и отражающие динамику единого тектономагматического процесса [Баранов, 1991]. В триас-нижнеюрское время проявился Фиагдонский вулканоплутонический комплекс. В байосский век, проявились образования Казбекского дайкового комплекса (vnJ<sub>2</sub>k). Образования "Казбекского диабазового пояса" подразделены на два комплекса: Казбекский дайковый комплекс, развитый в первых трех вышеотмеченных зонах, и Фиагдонский вулканоплутонический, развитый в Мамисон–Казбекской зоне.

Простираение даек Казбекского комплекса самое разнообразное, однако, в основной своей массе дайки диабазов ориентированы в северо-восточном и северо-западном направлении. Углы падения обычно крутые от 70-80° до 90°.

В юрских отложениях пространственное положение даек, в основном, совпадают со сланцеватостью, реже являются секущими.

Молодые альпийские интрузии в пределах Горной Осетии выделены как неинтрузии верхнетретичного (мел-палеоген) возраста, представляющие большую роль в генезисе многих проявлений редкометального оруденения [Варданянц, 1937; Хаин, 1975].

### 4.3 Признаки проявления тектонических движений земной коры и литосферы.

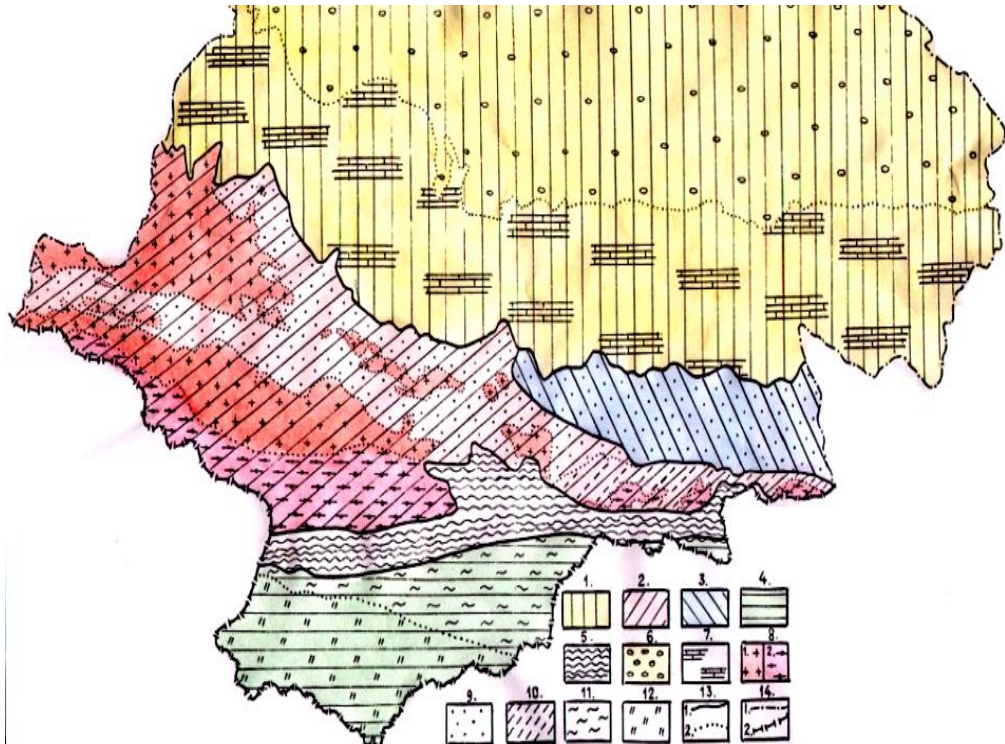
#### Тектонические проявления геодинамической активности

Этот фактор геодинамического проявления является определяющим в эволюционном изменении геоэкологической среды (Приложение В). Тектоника региона характеризуется развитием плотной сети разноранговых тектонических нарушений, образующих целостную структурно-тектоническую схему сочлененных разномасштабных блоков, в мозаике которых четко прослеживаются тектонические структуры субширотного простирания, ограниченные, как правило, нарушениями высших порядков, и тектонические разрывы субмеридионального простирания, придающие блоковое строение геологическому разрезу.

Основными признаками тектонической активности являются землетрясения, сейсмодислокации, сейсмичность, деформации, появления различных физических полей. Эти факторы непосредственного (динамические воздействия) и опосредственного (действие геохимических, геофизических полей) влияния на геоэкологическую среду способствуют разрушению пород и образованию четвертичных отложений, активизации экзогенных процессов.

До современной геодинамической обстановки коллизии Аравийской эпибайкальской платформы со Скифской эпигерцинской плитой основные тектонические события в Кавказском регионе происходили за счет аккреционной тектоники [Зоненшайн и др. 1990; Богатиков, Коваленко, 2001, Ivan Callegari, Andreas Scharf et al., 2020], т.е. за счет поступления чужеродных блоков земной коры в зону субдукции активной окраины Евразии (Приложение Г; Рисунок 4.3). Структуры этой части Кавказа Зоненшайн, представлял в виде надвинутых с севера покровов, базируя свое заключение на особенностях Главного и Южного надвигов, что подтверждается современными глубинными геофизическими исследованиями методами гравиметрии, магнитометрии, обменных волн землетрясений (МОВЗ), теллурического зондирования (МТЗ) [Шемпелев, 2007; Шемпелев и др. 2015; Чотчаев и др., 2016а]. Одним из таких структур аккреционной тектоники для Закавказской плиты является Южная микроплита, надвинутая на Закавказскую с севера в конце палеозоя, а также Южной микроплиты, причлененной в конце доггера (Приложение 4.1) [Баранов, Греков, 1982; Баранов, 1995]. Тектонические структуры этих блоков после коллизии и последующей

консолидации оказываются, как бы впечатанными в геологическую структуру Восточно-Европейской плиты, при этом сохраняется не только индивидуальность их геологического строения, но и в какой-то степени обособленность в дальнейших тектонических перестройках [Хаин, 1975, 2002].



Микроплиты – террейны: 1. Предкавказская; 2. Бечасынская; 3. Восточно-Кавказская; 4. Закавказская. Структурно-тектонические зоны: 5. Мамисон-Казбекская (реликтовая зона); 6. Владикавказская котловина; 7. Северная моноклираль; 8. Главного хребта (1- Махерская и 2- Кассарская подзоны); 9. Дигоро-Осетинская; 10. Ардон-Дарьяльская; 11. Южного склона; 12. Чиаурская; 13. Контакты: (1- микроплит-террейнов, 2- структурно-тектонических зон); 14. Границы: (1- республик, 2- государственные).

Рисунок 4.3 – Взаимоотношение аккреционных микроплит и структурно-тектонических зон Центральной части Большого Кавказа на территории Северной Осетии (по Г.П. Ольховскому, С.М. Тибилову, 1998)

Из основных региональных тектонических зон, во влиянии которых находится рассматриваемая территория, выделяются Мамисон-Казбекский реликтовый рубец, Адайком-Казбекская группа разломов, Главный Кавказский надвиг, пересекающие Южный блок в 3-СЗ румбах.

Из дизъюнктивных нарушений наиболее крупными являются разломы, ограничивающие Мамисон-Казбекскую зону, “Главный надвиг” и Сырхубарзондский разломы удовлетворительно прослеживаемые по данным МОВЗ и МТЗ [Шемпелев, 1978; Шемпелев и др., 2017]. Адайком-Казбекский разлом ограничивает реликтовый рубец с юга (Приложение Г).

**Южная микроплита.** Южная микроплита полностью включает туристско-рекреационную территорию, занимая южную часть Наро-Мамисонского площади (Рисунок 4.4).

От Мамисон-Казбекского реликтового рубца микроплита отделяется Адайком-Казбекским разломом. На юге контакт тектонический с Закавказской плитой. В тектоническом отношении, попадающая в Горную Осетию часть Южной микроплиты, относится к структурам Южного склона Большого Кавказа. В Наро-Мамисонском районе они представлены частями двух структурно-тектонических зон - Казбекско-Лагодехской ступени и Чиаурского синклиория. Граница между этими зонами проходит по Тибскому разлому.

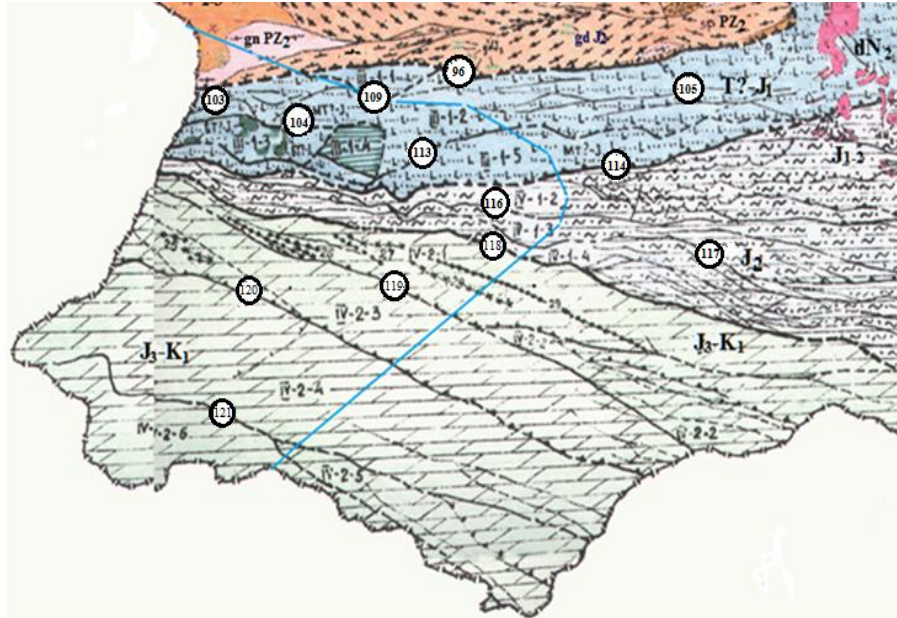
**Казбекско-Лагодехская ступень.** Суарком-Гергетский блок ограничивается с севера Адайком-Казбекским, а с юга - Заккахохским разломами-взбросами. Зона разлома имеет мощность 10-30 м и сложена передробленными, лимонитизированными и окварцованными породами. Падение взброса северное, под углами 65-70°. Амплитуда смещений достигает 400 м. Южнее Саурком-Гергетского блока располагается Нардон-Сивераутский блок, северной границей которого являются Цесский надвиг и Заккахохский разлом.

Южное крыло складки обрывается, ограничивающим Нардон-Сивераутский блок с юга крупным Северным Нарским взбросом. Взброс прослеживается от Мамисонского перевала до Терско-Заккинского водораздела и уходит далее за пределы региона. Представлен он зоной разрывов мощностью от 20 м до 100 м.

**Мамисон-Казбекский реликтовый рубец.** Мамисон-Казбекский реликтовый рубец (геосутура или шовная зона между континентальной и океанической корами), маркирующая зону современного взаимодействия континентальных плит, является указателем существовавшего ранее и замкнувшегося впоследствии морского бассейна.



В интервале долина р. Мамихдон породы имеют, главным образом, южное относительно пологое (30-45°) падение, согласующееся с падением южного крыла, расположенной севернее, Нарской антиклинали.



III – Мамисон-Казбекская сутура  
III-1 – Бубудон-Льядонский меланж

**Блоки:**

III-1-1 – А – Арнагский  
III-1-2 – Адайкомский  
III-1-3 – Мамисонский  
III-1-4 – Каурбекский  
III-5 – Зарамаг-Нарский |  
IV – Южная микроплита  
IV – Южная микроплита  
IV-1 – Казбекско-Лагодехская ступень  
IV-1-2 – Наро-Сивераутский блок  
IV-1-3 – Сахсат-Абайтикауский блок  
IV-1-4 – Тибцна-Кесатикауский блок  
IV-2 – Чиаурский синклинорий  
IV-2-1 – Техтинский блок  
IV-2-2 – Рокский блок  
IV-2-3 – Згил-Бахфандагский блок  
IV-2-4 – Козыдон-Бирагтикауский блок  
IV-2-5 – Зруг-Гинатский блок  
IV-2-6 – Саухохский блок

**Складчатые структуры**

- 25 Гебетадонская складчатая зона
- 27 Рецидонская складчатая зона
- 28 Техтинская синклиналь
- 29 Техтинская антиклиналь

**Разрывные нарушения**

- 96 Главный надвиг
- 102 Зарамагский взброс
- 113 Арнагский взброс
- 104 Лагаткомский разлом
- 105 Центральный разлом
- 114 Адайком-Казбекский взброс
- 114 Цесский надвиг
- 116 Северо-Нарский разлом
- 117 Южный Нарский разлом
- 118 Тибский взброс
- 119 Халацинский взброс
- 120 Згильский взброс
- 121 Саухохский разлом

— Граница туристско-рекреационной территории

Рисунок 4.4 – Фрагмент структурно-тектонической карты с номерами тектонических структур (по Г.П. Ольховскому, С.М. Тибиллову, 1998)

Далее к востоку на правом борту р. Заккадон падение пород столь же пологое (30-45°), но к северу, а на левом борту этой же реки - устойчивое южное. Южный Нарский взброс, ограничивающий блок с юга, прослеживается от балки Лагатком до Терско-Заккинского водораздела. Простираение его 280-290°, падение на северо-северо-восток сравнительно крутое (5-80°). Представлен взброс зоной дробления и окварцевания мощностью 10-150 м, содержащей зачастую пирит-хлоритовую минерализацию. Смещение по взбросу определяется в 400-600 м.

Тибский взброс является наиболее крупным разломом, разделяющим Казбекско-Лагодехскую ступень от Чиаурского синклинория. С разломом связаны рудные минерализации пирита, киновари, метациннобарита, реальгара, халькопирита, галенита. Казбекско-Лагодехская ступень взброшена по Тибскому взбросу на 1500-2000 м относительно расположенного южнее Чиаурского синклинория [Адамия и др., 1989; Giorgobiani et al., 1998].

**Чиаурский синклинорий.** Чиаурский синклинорий занимает южную часть Наро-Мамисонской площади. Сложен он породами карбонатного флиша, имеющими субширотное до северо-западного простираения и смятыми в складки разного порядка. Наиболее крупными складчатыми структурами здесь являются Техтинская антиклиналь и, расположенная южнее, Бирахатская синклиналь (Рисунок 4.4). Техтинская антиклиналь прослеживается от междуречья Гинат-Дзенина в северо-западном направлении до долины р. Мамихдон, к устью левого притока последней - р. Рецидон.

В целом, складка наклонена на юг. Северное крыло ее, срезанное Тибским разломом, падает на северо-восток под углами 50-60° и лишь на участке между долинами рек Халацайдон и Зругдон оно приобретает юго-западное падение с такими же углами (50-60°), переходя в опрокинутое залегание. Южное крыло, оборванное Халацинским разломом, падает на юго-запад с углами 70-80°. Складка погружается на запад. Бирахатская синклиналь располагается в южной части района, где протягивается в северо-западном направлении между хребтами Козыкомраг на западе и Главным Водораздельным на востоке, ширина складки - 4-5 км. Она осложнена большим числом мелких пликативных и дизъюнктивных нарушений. Северное крыло осложнено отложениями згильской свиты и свиты дзедо, которые дислоцированы в мелкие бессистемные, дисгармоничные, стоячие и запрокинутые как к югу, так и к северу, складки. Южное крыло, оборванное Халацинским разломом, падает на юго-запад с

углами 70-80°. Складка погружается на запад. Наиболее крупные разрывные структуры: Халацинский, Згильский и Саухохский разломы.

Халацинский взброс представлен зоной дробления и смятия мощностью 30-400 м и сопровождается зонами трещин. Предполагаемое перемещение по разлому около 1000 м.

Згильский взброс протягивается от перевала Бахфандаг, на Главном Водораздельном хребте, к истокам р. Козыдон. Простирается разлома 310°, падение к северо-востоку под углами 50-70°. Северный блок по нему взброшен примерно на 400-600 м.

Саухохский взброс располагается на самом юге описываемой зоны и протягивается в северо-западном направлении параллельно Главному Водораздельному хребту. Простирается его 310-330°, падение северо-восточное с углами 40-70°.

#### **4.4 Признаки влияния эндогенной геодинамики на изменения природной среды климатообусловленными факторами.**

**Экзогенные и климатические процессы как следствие эндогенной геодинамики.** Известно, что в активных геодинамических районах грозовые тучи с устойчивым постоянством концентрируются над аномальными геологическими структурами, с последствиями ливневых дождей.

Отмечаются зоны повышенной пожароопасности из-за разрядки молний, что может быть использовано, как для решения прямой геологической задачи выделения структуры по аномальным климатическим проявлениям, так и обратной прогноза опасных зон для ограничения хозяйственной деятельности по аномальному поведению физических, геохимических, тепловых полей над известной геологической структурой.

Над областями зарождения землетрясений и повышенной сейсмичности нависают линейные облачности, вытянутые в атмосфере, как и простираются тектонических нарушений, где возникают активные очаги [Морозова и др., 2020], что однозначно свидетельствует о зависимости локальных климатических проявлений от эндогенной геодинамической активности. задачи прогноза опасных зон для ограничения хозяйственной деятельности по аномальному поведению физических, геохимических, тепловых полей над известной геологической структурой. Так, например, над областями

зарождения землетрясений и повышенной сейсмичности нависают линейные облачности, вытянутые в атмосфере, как и простираение тектонических нарушений, где возникают активные очаги [Морозова и др., 2020], что однозначно свидетельствует о зависимости локальных климатических проявлений от эндогенной геодинамической активности.

В сейсмоактивных районах спусковым фактором схода лавин становятся землетрясения, в горах нередко обвалы из-за сейсмодислокаций, катастрофические сходы ледников происходят, как правило, в результате эндогенных геологических процессов. Категория суммарного поражения территории всеми видами эрозионных процессов оценивается как опасная и составляет более 40%. Около 80% перекрытой рыхлообломочными отложениями части территории является продуктом обвально-осыпных процессов. Причиной обвалов в условиях резко расчлененного рельефа и интенсивно-дислоцированных пород являются активные геодинамические процессы, характерные для территорий, расположенных на стыках тектонических плит; сейсмические воздействия интенсивностью до 7-9 баллов.

Наиболее обвалоопасными для территории являются участки развития мощных тектонических нарушений (Цесский надвиг и серия тектонических разломов южного склона – Северный и Южный Нарский разломы, Тибский, Халацинский, Згильский, Саухохский), а также зоны развития новейших разрывных сейсмодислокаций (см. глава 5).

Грунты подвержены подвижкам при незначительных нарушениях их гравитационного равновесия подрезками склонов, нагружениями или сейсмоздействиями, что необходимо учитывать при использовании средств инженерной защиты [Чотчаев и др., 2019а; 2021б].

Рост гор Кавказа в виде тектонического воздымания, блокового дробления, магматизма, дислокаций, вулканизма, рудообразования происходит за счет преобразованной внутренней тепловой энергии Земли [Растворова, 1973].

Мерой эндогенной геодинамической активности Земли является тектоника литосферных плит (ТЛП) [Вегенер, 1984; Jeffreys, 1959; Буллен, 1966], сущность которой заключается в многооболочности земной коры и верхней мантии, по трансформным границам которых происходит кинематика геодинамических воздействий горячих конвективных мантийных струй [Badro J., et al., 2003]. Земная кора, раздробленная на

большое количество разномасштабных, представляет собой собранную из пазлов современную географическую мозаику планеты. Критерием определения границ тектонических плит являются зоны сейсмической, вулканической, тектонической активности, магматизма, океанические желоба и срединно-океанические хребты [Chang Li et al., 2008; Красный, 1984]. Но вот как происходило это дробление остается пока загадкой и в этой связи одномоментное существование сплошной коры и дробление Земной коры на литосферные плиты путем прорыва плюмами за счет особых условий начала субдукции представляется интересной гипотезой [David. Rubie, 2001; Gerya et al., 2015]. С точки зрения диалектики природы дробление коры на плиты не что иное, как соблюдения принципа наименьшего запаса энергии (энергетической выгоды) системы для балансирования в целостности в условиях непрерывно пульсирующего состояния верхней мантии на ранней стадии коробразования в нижне-среднем архее (эоархей, палеоархей, 4,0-3,2 млрд. лет назад). Балансирование литосферных плит уравнивает энергетическую нагрузку конвективных мантийных плюмов и струй, внутрилитосферных магматических, радиогенных и противоположных тепловых воздействий на кору за счет люфта в межплитных швах, сохраняя энтропию системы. В случае сплошности коры мера необратимого рассеивания энергии была резко снижена, за счет целостности базальтоидного панцира и, как следствие, нарушено термодинамическое равновесие системы [Чотчаев и др., 2018б].

На современном этапе эволюции Земли глубинная геодинамическая активность в основном обязана тепловой энергии, восполняемой за счет гравитационной (химико-плотностной) дифференциации силикатной мантии на границе с жидким ядром. Структурами конвективных ячеек, возможно, являются волноводы, как в мантии, так и во внутриплитном (межблочном) пространстве [Chang Li et al., 2008].

#### **4.5 Неотектоническое районирование и сейсмичность территории**

Позднеорогенную ( $N_{1-2}+Q$ ) стадию тектонического развития, придавшую Большому Кавказу современные черты, наиболее полно разработал Е.Е. Милановский [Милановский, 1968], которую в последствие корректировали и уточняли многие исследователи, однако из-за мелкого масштаба этих схем их детальность не удовлетворяла уточнению исходной сейсмичности на современном уровне. При этом активность, конечно, сменялась относительным затишьем и современное тектоническое

развитие Большого Кавказа, безусловно, соответствует активной стадии [Несмеянов, 1992; 1997; Рогожин, Хованский, 1994; Folguera et al., 2004; Orchiston, 2012; Orchiston et al., 2012a].

Типизация и трассировка основных шовных зон региона (Таблица 4.1) обусловила необходимость пересмотра границ относительно интерпретации Е.Е. Милановского, разделявшего мегасвод на Северо-Западный, Центральный, Восточный и Юго-Восточный сегменты, а границей между Центральным и Восточным сегментами и считавшего Казбек-Цхинвальскую зону поперечных нарушений.

Таблица 4.1 Основные новейшие шовные зоны Большого Кавказа [Несмеянов, 1997]

Тип	№ на карте	Наименование	Длина, км
Продольные зоны			
флексурный	1	Буйнакская	150
флексурно-разрывный	2	Северная Крымско-Кавказская	>400
	3	Южная Крымско-Кавказская	>500
	4	В л а д и к а в к а з с к а я	200
	5	Сулакская	150
шовно-сбросовый	6	Ессентукская	170
		Сачхерская (?)	160
сбросо-надвиговый		Главного хребта	>500
		Сухумская	150
шовно-надвиговый		Алазано-Шемахинская	400
шовно-сдвиговый	7	Гудермесская	70
		Бенойско-Эльдаровская	100
	9	Даттых-Ахловская	150
шовно-депресссионный	10	Михайловская	120
	11	Пшекиш -Тырныаузская	270
	12	Мзымтинская	250
	13	Садонская	150
	14	Верхнеурухская	60

		Меле - Джавская	120
		Реча-Лечхумская	110
	15	Бежитинская (?)	400
шовно-блоковый	16	Воронцовская	КО
Поперечные зоны			
флексурный	17	Западно- Кавказская	НО
		Восточно- Кавказская	450
шовно-сбросовый	18	Восточно- Дагестанская	200
		Сумгайтская (?)	100
поперечного дробления	19	Пшехско-Адлерская (со сбросовыми воздыманиями)	>100
	20	Туапсинская (с грабеновыми прогибаниями)	50
	21	Нальчикская (со сдвиговой составляющей)	>200
	22	Грозненская (со сдвиговой составляющей)	200

Существенный вклад в иерархическое разделение и обособление разномасштабных структур внесли Несмеянов С.А., Лутиков А.И., Воейкова О.А., Рогожин Е.А. и др., [Аверьянова и др., 1996]. В Таблице 4.2 рассматривается Мегасвод Большого Кавказа. Для средней части мегасвода установлена важная роль Нальчикской и Грозненской зон поперечного дробления, которые целесообразно рассматривать в качестве границ сегментов [Несмеянов, 1997; 2004].

В этом варианте Нальчикская зона (№ 21, Таблица 4.1) служит границей между Центральным и Казбекским сегментами, а Грозненская зона (№22) – границей между Казбекским и Восточным сегментами. Соответственно рассматриваемый район располагается целиком в пределах Казбекского сегмента, суженного относительно смежных сегментов.

Согласно уточненной схеме (Рисунок 4.5) экономическая зона "Мамисон" охватывает неотектонические позднеорогенные зоны Северного крыла, Центральных поднятий и Южного крыла.

Таблица 4.2 Иерархия блоковых структур Большого Кавказа [Аверьянова и др.,1996]

Индекс	Название	Тип
ТЕРСКО-КАСПИЙСКАЯ ВПАДИНА		
Терско-Дагестанский прогиб		
II	Осевых впадин система	
	II-11	Осетинская впадина
МЕГАСВОД БОЛЬШОГО КАВКАЗА		
Восточный сегмент		
IV	Зона северного склона	
	VI-1	Кионхохский горст
	VI-2	Тарско-Балтинская впадина
	IV-3	Чмийский горст
	IV-4	Садонская шовно-депресссионная зона
V	Зона центральных поднятий	
	V-1	Верхнебалкарская ступень
	V-2	Дыхтауский горст
	V-3	Верхнеурухская шовно-депресссионная зона
	V-4	Цейско-Казбекский горст
VI	Зона южного склона	
	VI-1a	Шерхотская ступень
	VI-1 б	Гудемакарская ступень
	VI-2a	Верхнерионская впадина
	VI-2в	Эрманидонская впадина
	VI-2г	Кельская вулканотектоническая перемычка
	VI-2д	Белоарагвинская впадина
	VI-3	Шода-Халацкий горст
	VI-4	Гудиская ступень
	VI-5	Меле-Джавская шовно-депресссионная зона
	VI-6	Квайсинский (Нижнесванетский) горст
VI-7	Рача-Лечхумская шовно-депресссионная зона	



В пределах зоны Южного крыла, а точнее в ее Верхнелиахвинской подзоне, расположены основные объекты планируемого строительства - участки Козыком, Згил, Лисри и Зруг, где существенно детализированное неотектоническое районирование позволяет увязать основные орографические элементы и опасные экзогенные процессы с неотектоническими структурами, в том числе и с активными тектоническими разрывами.

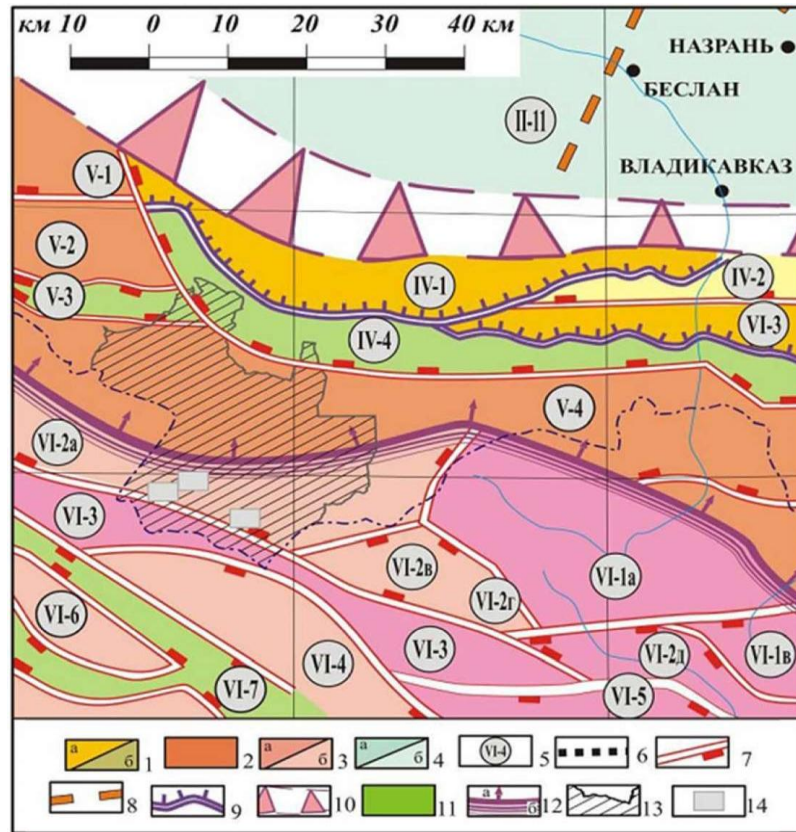
Через центральную часть схемы неоструктурного районирования проходит зона ВОЗ Главного хребта с максимальной магнитудой ожидаемых землетрясений  $M=6,2$  и глубиной сейсмических очагов 15 км [Рогожин, 2007, 2009], а южнее на территории Южной Осетии находился очаг разрушительного Рачинского землетрясения 1991 года [Белоусов, 2009], т.е. участки проектируемого строительства основных сооружений располагаются между двумя крупнейшими зонами ВОЗ данного региона, находясь в непосредственной близости от них, что при сильных землетрясениях не исключает возможности возникновения первичных и повторных сейсмодислокаций в районе основных проектируемых сооружений.

Большой интерес в части крупномасштабного неотектонического районирования представляют материалы ИГЭ РАН [Осипов и др., 2012]. В работе на основе дешифрирования аэрофотосъемок субметрового разрешения, в развитие ранее проведенного среднемасштабного неоструктурного районирования [Аверьянова и др., 1996], проведена детализация структурно-тектонического развития территории с выделением и нанесением на крупномасштабные карты древних (неактивных) и новейших (активных) тектонических разрывных нарушений.

Крупномасштабное неотектоническое районирование позволило не только детализировать строение структур, выделенных при среднемасштабном районировании, но и в ряде случаев пересмотреть взаимоотношения некоторых из них. При этом естественно усложнилась и иерархия блоковых структур части новейшего мегасвода Большого Кавказа, попадающих на рассматриваемую территорию (Таблица 4.2).

Согласно этой схеме иерархического расчленения Казбекский сегмент мегасвода включает в качестве основных неоструктурных элементов (структур 5 порядка) зоны Северного крыла, Центральных поднятий и Южного крыла.

К внутренней подзоне зоны Северного крыла (IV) на рассматриваемой территории относится небольшая часть Садонской шовно-депресссионной зоны (IV-4).



1-3 - региональные блоковые структуры: 1-3 - Мегасвод Большого Кавказа: 1 - Восточный сегмент, зона северного крыла (здесь и далее: а-относительно поднятые структуры, б-относительно опущенные структуры или впадины); 2-3 - зона центральных поднятий: 2 - подзона Восточного продолжения Срединного поднятия, 3 - зона ступенчатого южного склона; 4 - Система осевых впадин Терско-Дагестанского прогиба, 5 - номера блоковых структур; 6 - границы мегаструктур; 7-9 - разрывные структуры: 7 - сбросы, 8 - частично погребенные сбросы антикавказской ориентировки, 9 - взбросо-надвиги; 10-12 - региональные шовные зоны: 10 - краевые флексурно-разрывные зоны, 11 - шовно-депресссионные зоны, 12 - зона Главного надвига (а - подзона висячего крыла, б - подзона дробления лежачего крыла); прочие обозначения: 13 - туристско-рекреационная особая экономическая зона "Мамисон", 14 - участки строительства туристических деревень.

Рисунок 4.5 Фрагмент схемы неоструктурного районирования Чеченской республики и сопредельных территорий [Аверьянова и др., 1996].

Зона Центральных поднятий (V) делится на Дыхтаускую гряду горстов (V-2), ВерхнеУрухскую шовно-депресссионную зону (V-3) и Цейско-Казбекскую гряду горстов (V-4).

В зоне Южного крыла (VI) выделяются две основные структуры: Верхнерионско-Терская цепь впадин (VI-2) и Шода-Халацкая гряда горстов (VI-3). Упомянутые выше основные структуры (6-го порядка) в свою очередь состоят из сложного набора горстов, структурных ступеней и грабенов 7-го и 8-го порядков (Приложение Ж2).

При более детальном исследовании возможно обособление и более мелких структур (обычно 9 порядка). Все эти структуры разделены разнообразными активными разрывами.

В результате неотектонического картирования выделено большое количество активных разрывов (Таблица 4.1). Среди них явно преобладают сбросы и менее широко представлены надвиги, взбросы и циркообразные сбросы. Последние обычно осложняют поднятые крылья более крупных сбросов или надвигов и ограничивают блоки отседания, которые имеют гравитационно-тектоническую природу.

Новейшие надвиги связаны с границей зон Центральных поднятий и Южного крыла. Здесь расположен Главный надвиг (№ 17, Приложение Ж1) и его оперение, в котором кроме надвигов присутствуют и циркообразные сбросы.

Следует отметить, что новейшие надвиги далеко не всегда наследуют древние. Как правило, новейшие надвиги более крутые, часто отсекающие фронтальные пластины более древних надвигов. Характерно присутствие большого количества поперечных к оси мегасвода (субмеридиональных и северо-восточного простирания) сбросов и сбросов дугообразной формы.

Как показали комплексные геолого-геофизические исследования на смежных территориях, например, на трассе трубопровода “Голубой поток”, пересекавшей мегасвод Большого Кавказа несколько западнее, ширина разрывных зон локальных сбросов обычно колеблется в интервале 70-100 м. Только у длительно живущих разрывов, характеризующихся инверсией знака разрывных смещений, эта ширина достигает величин 130-160 м [Несмеянов и др., 2003].

Можно полагать, что и в рассматриваемом районе ширина разрывных зон активных разрывов имеет тот же порядок величин.

В дальнейшем при детализации исследований на участках размещения строительных объектов возможно уточнение трассировки показанных разрывных зон. Кроме того на участках размещения основных инженерных сооружений возможно по специальной методике (Несмеянов, 2004) охарактеризовать количественно величину разрывных смещений, а при наличии информации о предельно допустимых деформациях и сроке службы этих сооружений, оценить степень опасности возможных разрывных смещений для этих сооружений.

**Сейсмогенерирующие структуры.** Установлено, что интенсивная блоковая раздробленность при поступлении восходящих потоков мантийной магмы способствует проявлениям средне- и мелкофокусных землетрясений [Юсубов, 2017], что подтверждается многочисленными сейсмическими событиями, происходящими в пределах структур альпийской складчатости.

Сейсмогенерирующие структуры (СГС) выделяются на основе геолого-геоморфологических и геофизических материалов, а их сейсмический потенциал опирается на сейсмологические материалы.

В рассматриваемом регионе сейсмогенерирующие структуры (СГС) характеризуются большинством черт, свойственных подобным структурам других орогенических областей. Наиболее типичные среди них:

- 1) повышенная дифференцированность, связанная с разрывной или флексурной природой этих структур, как правило, региональных, т.е. отличающихся значительной протяженностью;
- 2) повышенная глубина проникновения, достигающая главных сейсмоактивных слоев региона;
- 3) повышенная древность заложения, обуславливающая длительность формирования СГС, а часто и сложность их строения;
- 4) повышенная молодая (четвертичная) и современная активность тектонических движений;
- 5) наличие структурных перестроек за счет изменения морфологии, смены знака движений (особенно разрывных смещений) и т.п.; этот параметр иногда может рассматриваться как повышенная степень новообразования.

Согласно [Аверьянова и др., 1996] суммарное проявление и различное сочетание этих специфических черт развития обуславливает большое разнообразие и сложность

строения главных СГС, продольных по отношению к оси мегасвода Большого Кавказа. Разнообразие поперечных структур определяет разнообразие структурных узлов с повышенной сейсмичностью, среди которых обычно выделяются дизъюнктивные и дизъюнктивно-пликативные узлы. Такие узлы могут формироваться на разной глубине.

**Сеймотектонические области.** Детальный анализ комплекса геолого-геоморфологических, геофизических и сейсмологических материалов, касающихся структуры Большого Кавказа, позволяет выделить обособленные сеймотектонические области, характеризующиеся самостоятельным набором потенциально сейсмоактивных структур (зон и структурных узлов), генерирующих землетрясения разной силы, типа и глубинности (Таблица 4.3), индивидуализированные как:

- Терско-Сунженская;
- Северо-Дагестанская;
- Восточно-Кавказская;
- Центрально-Кавказская.

Учитывая пространственную приуроченность территории проектируемого экономического развития непосредственно к Центрально-Кавказской сеймотектонической области, ниже рассматриваются ее сейсмологические особенности [Аверьянова и др., 1996].

Центрально-Кавказская область обладает своеобразным набором сейсмогенерирующих структур, также преимущественно продольных по отношению к оси орогенического мегасвода. Но сам этот набор в целом существенно отличается от восточнокавказского. Здесь с севера на юг выделяются:

- Владикавказская флексурно-разрывная зона;
- Садонская шовно-депресссионная зона, от которой на западе ответвляется сходная по типу, но менее четкая Верхнеурухская зона. Поэтому они могут рассматриваться как единая Садонско-Верхнеурухская зона;
- Зона Главного надвига, извилистая и недостаточно четко фиксируемая к западу от поперечной Грозненской зоны;
- Также сложная Джава-Лечхумская система шовно-депресссионных зон, включающая Меле-Джавскую и Рача-Лечхумскую зоны, которые расположены поблизости от разрывного или флексурно-разрывного южного края мегасвода Большого Кавказа.

К *Владикавказской флексурно-разрывной зоне* приурочены два землетрясения. Наблюденная магнитуда — 4,8 (землетрясение 23.04.1923 г. с глубиной очага 5 км). С южной частью этой зоны ряд исследователей связывает систему линейных сейсмотектонических дислокаций в верховьях реки Ардон.

Протяженность выявленной по аэрокосмоснимкам части системы составляет около 50 км при ширине 5-7 км, причем сама эта система представляет собой цепочку субпараллельных нарушений протяжением 3-5 км каждое. Нарушения большей частью представляют собой уступы, обрывы высотой от 0.5 м до 10-15 м; здесь также отмечаются многочисленные сейсмогравитационные образования.

Согласно оценкам авторов за последние 10 тысяч лет такие события происходили многократно, а максимальные магнитуды, связанные с Владикавказской флексурно-разрывной зоной должны оцениваться, по меньшей мере, в 6,5 единиц.

С *Садонско-Верхнеурухской шовно-депресссионной зоной* связаны два значительных землетрясения 14.01.1915 г. ( $M = 5.4$ ,  $h = 19$  км) и 10.02.1929 г. ( $M = 5.3$ ,  $h = 17$  км); первое произошло в восточной части зоны, второе - в западной ее части. Наблюденная сейсмичность средней части этой зоны - заметно слабее: здесь можно отметить лишь землетрясение 3.07.1902 г. ( $M = 4.7$ ,  $h = 10$  км). Восточная часть зоны в целом сейсмически наиболее активна. Помимо наиболее сильного для всей зоны землетрясения 1915 г. здесь имел место ряд более слабых событий: 28.03.1903 г. ( $M = 4.4$ ,  $h = 20$  км), 6.04.1932 г. ( $M = 4.7$ ,  $h = 20$  км), 7.01.1938 г. ( $M = 4.8$ ,  $h = 15$  км). Его очаг связан с районом сочленения Верхнеурухской и Садонской шовно-депресссионных зон в месте сближения последней с Владикавказской флексурно-разрывной зоной, причем его ориентация близка к простиранию Верхнеурухской и Владикавказской зон. Интенсивность сотрясений в эпицентре этого землетрясения достигала 7 баллов.

С *разрывной зоной Главного надвига* связано землетрясение 9.05.1946 г. с максимально наблюдаемой для этой зоны магнитудой 4,8 и глубиной очага 20 км. Эпицентр этого землетрясения расположен в средней части зоны; в восточной ее части, там, где она сближается с Верхне-Аргунским структурным узлом отмечено несколько среднекорových ( $10 \text{ км} < h < 25 \text{ км}$ ) землетрясений в интервале магнитуд 4,3-4,7.

Таблица 4.3. Сейсмогенерирующие структуры, на основе которых выделяются зоны ВОЗ

Области	Зоны			Структурные узлы		
	Название	Тип	Наблюден. М	Название	Тип	Наблюден ная магнитуда, М
Терско-Сунжинская	Северная краевая (2 ветви)	разрывная (сбросовая) погребенная	4.5	Наурский	нижнекоровый	6.0
	Гудермесская	шовно-сдвиговая, погребенная	5.0			
	Бенойско-Эльдаровская	шовно-сдвиговая, погребенная	5.3	Грозненский	нижнекоровый	4.4
				Горагорский	нижнекоровый	5.7
Даттых-Ахловская	шовно-сдвиговая, погребенная	5.4	Черногорский	нижнекоровый	6.2	
Северо-Дагестанская	Хасавюртско-Буйнакская система	флексурно-разрывная	6.6			
Восточно-Кавказская	Гунибская	разрывная (сбросовая)	5.3			
	Хунзахская	разрывная (сбросовая)	4.9			
	Главного надвига	разрывная (надвиговая)	6.1	Верхне-Аргунский	верхнекоровый	6.3
	Южная краевая	разрывная (всбросо-надвиговая)	6.0			
Центрально-Кавказская	Владикавказская	флексурно-разрывная	4.8			
	Садонско-Верхнеурухская	шовно-депресссионная	5.4			
	Главного надвига	разрывная (всбросо-надвиговая)	4.8			
	Джава-Лечхумская система	шовно-депресссионная	6.9			

К Джава-Лечхумской шовно-депресссионной системе относится катастрофическое Рачинское землетрясение 29.04.1991 г. с магнитудой 6,9 и глубиной очага 5 км. Оно связано с районом сочленения Меле-Джавской и Рача-Лечхумской шовно-

депрессивных зон. Обе зоны имеют в целом северо-западное простирание, с которым согласуется ориентировка очага этого крупнейшего землетрясения. Сейсмический эффект в эпицентре Рачинского землетрясения ( $M = 6,9$ ;  $h = 5$  км) составил 10 баллов. По имеющимся сведениям погибло более 100 человек, ранено около 1000 человек и разрушено несколько десятков тысяч жилых строений. Землетрясение сопровождалось тремя сильными афтершоками (29.04.1991 г. с магнитудой 6,2 при глубине очага - 5 км, который произошел приблизительно через 3 часа после основного толчка, 29.04.1991 г. с магнитудой 6,1 и глубине очага - 5 км, который произошел приблизительно через 9 часов после основного толчка, и 15.06.1991 г. с  $M = 6,2$  и  $h = 11$  км. В период с 29 апреля по 31 декабря 1991 г. было определено положение очагов для 838 афтершоков Рачинского землетрясения. Основная часть афтершоков образует зону, простирающуюся в направлении от Амбралауры на северо-западе до Джавы на юго-востоке, протяженностью около 80 км. Ширина зоны - от 10-12 км в юго-восточной части до 17-20 км - в северо-западной. Для большинства афтершоков глубина гипоцентров не превосходила 10 км.

#### **4.6 Предрасположенность геологических пород к физико-механическим и геохимическим воздействиям**

Обобщенные данные о физико-механических свойствах терригенных пород территории, определенные по упругим критериям и лабораторным испытаниям, характеризуются низкой крепостью (Приложение Д).

Геологический разрез состоит из осадочных, вулканогенных, магматогенных и метаморфогенных образований, охватывающих возрастной интервал от верхнего протерозоя до кайнозоя включительно (Рисунок 4.4). В подавляющем большинстве породы характеризуются интенсивной дислоцированностью, неустойчивостью к механическому разрушению, подверженностью воздействию выветривания и эрозии, что и предопределяет широкое развитие четвертичных образований и очагов опасных экзогенных процессов различных генетических типов. Рыхлообломочные образования представлены аллювием, делювием, коллювием, пролювием, элювием, моренными и оползневыми образованиями материнских пород.



Основные инженерно-геологические элементы, характеризующие весь спектр коренных пород, представляют присущи породам невысокой крепости.

#### 4.7 Выводы

1. В разрезе Геналдонского профиля вулкан Казбек не подтверждается элементами действующего либо спящего вулканического аппарата (дифференцируемые магматическая камера, жерло, магматический очаг) по аналогии с удовлетворительно дифференцируемыми вулканическими элементами вулкана Эльбруса

2. Результаты микросейсмического зондирования (Рисунок 4.2) подтверждают сведения о ширине зоны (порядка 10 км), но ожидания мантийного продолжения не подтверждаются. Согласно рисунку глубина по падению составляет 23-25 км. Эти глубины соответствуют низам оболочки (гранитно-метаморфическому слою). Для решения задачи возможного продолжения разлома в мантию, вероятно, следует исследования продолжить с использованием сейсмоприемников, обладающих резонансными характеристиками на частотах 0,01-0,02 Гц

3. По данным глубинных сейсмических зондирований в пределах складчато-глыбового поднятия Большого Кавказа границы в земной коре выделяются по коротким осям синфазности и точкам дифракций волны, что вызвано прерывистыми отражениями от блоковых структур. Основной рой очагов землетрясений концентрируется на глубинах до 25 км.

4. Тектоника региона характеризуется развитием плотной сети разноранговых тектонических нарушений, образующих целостную структурно-тектоническую схему сочлененных разномасштабных блоков, в мозаике которых четко прослеживаются тектонические структуры субширотного простирания, ограниченные, как правило, нарушениями высших порядков, и тектонические разрывы субмеридионального простирания, придающие блоковое строение геологическому разрезу (Приложение В).

5. Одним из основных показателей эндогенной геодинамической активности является обвально-осыпной процесс. Он определяет физико-механическую устойчивость к динамическим и климатическим воздействиям и, одновременно, уровень эндогенной геодинамической активности. Этот показатель весьма высок для рассматриваемой территории, что подтверждается проявлениями трещинной тектоники

в приледниковых зонах, сейсмичности, сейсмодислокаций, развитием четвертичных образований.

б. Блоковая структуризация и литологическая неустойчивость коренных пород к активным геодинамическим и климатическим воздействиям обуславливают интенсивное накопление четвертичных образований и геоэкологическую трансформацию территории.,

## **ГЛАВА 5. СОВРЕМЕННОЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕРРИТОРИИ ПРОЕКТИРУЕМОГО КОМПЛЕКСА «МАМИСОН» И ОСНОВНОЙ ТРЕНД ЕГО ЭВОЛЮЦИИ**

### **5.1 Тектоническая основа интенсивных геоэкологических изменений**

Высокогорные всесезонные туристско-рекреационные комплексы на территориях Центрального Кавказа привлекают много любителей экстремального туризма за счет сочетания первозданной природы, многопрофильных бальнеологических вод, трудно покоряемых маршрутов, высотных горнолыжных трасс и канатных дорог. При этом безопасность пользования инфраструктурой, как и безопасность рекреантов комплексов, находится в прямой зависимости от состояния геодинамической активности региональных геотектонических и геоморфологических структур на этих территориях.

Для организации и функционирования масштабного всесезонного туристско-рекреационного комплекса на 10 тыс. человек ежедневного пребывания на одной из самой геодинамически активной высокогорной территории Центрального Кавказа необходимо установить пространственное распределение, интенсивность, повторяемость тектономагматических событий и состояние развития экзогенных геологических процессов, определить признаки их проявления и факторы воздействия на геоэкологическое состояние среды. В основе указанного алгоритма лежат методологически определенные взаимосвязи событий эндогенного и экзогенного характера (базис эрозии, механические напряжения на породы, дислокации, деформации, разрывы и трещиноватость, физико-химическое воздействие, образование современной коры выветривания и т.д.), выражающиеся определенными физическими параметрами в геофизических полях [Чотчаев и др., 2020; 2021a].

Негативные и, более того, катастрофические проявления опасных эндогенных и экзогенных процессов (внезапные сходы ледника Колка (2002), сель в районе ледника Девдораг (2014), селевой поток, снесший горняцкие поселки Садон и Галон (2005), многочисленные склоновые оползневые подвижки вдоль федеральной автодороги «Кавказ», где количество очагов опасных экзогенных процессов различных типов превышает сотню) представляют опасность для жизнедеятельности и инфраструктуры жизнеобеспечения и экономике в целом. При этом они меняют ландшафт, обнажают

коренные породы склонов, унося с грунтами почвенно-растительный покров вместе с популяциями микроорганизмов, образуют новые морфологические структуры, изменяют водоток ручьев и рек, ускоряют эрозионные процессы и создают цепную последовательность опасных природных событий. В результате естественный ход геоэкологической эволюции претерпевает экстремальные изменения негативного плана.

Стабильно высокая геодинамическая активность выражается повышенной сейсмичностью, неотектоническими проявлениями трещинной тектоники в полосе активных нарушений, обнаженных в приледниковых зонах после отступления ледников.

Приведенные в главе 3 опасные экзогенные процессы геологического характера и климатической природы с разной степенью представительности присутствуют на территории туристско-рекреационного комплекса, так или иначе, представляя угрозу их проявления.

Тектонические нарушения, выявленные геофизическими методами сейсмического профилирования и электротомографии, вынесены на «схемы районирования по степени опасности геологических процессов» участков территории, на которых предусмотрено строительство инфраструктурных инженерных сооружений и жилых комплексов – туристических деревень.

Ниже приведены схемы районирования указанных объектов по степени опасности геологических процессов с элементами тектоники и кратким описанием особенностей. На схемах районирования голубыми линиями показаны канатные дороги, вдоль части из которых (по возможности безопасного маневрирования с геофизическими установками) автором проведены геофизические исследования.

Поскольку в работе концептуальным является зависимость активизации экзогенных геологических процессов от тектономагматического проявления эндогенной геодинамической активности, выраженного на границе литосфера-атмосфера тектоническими нарушениями различных рангов и дислокациями, на схемы дополнительно вынесены региональные нарушения, охватывающие исследованные участки, большинство из которых активные, а некоторые к тому же являются глубинными (Главный, Тибский, Цесский, Адайком-Казбекский).

**Участок Бубудон (Приложение Е)** Здесь планируются канатные дороги и лыжные трассы. Опасные геологические процессы типа плоскостного смыва, солифлюкций площадного и оползней формируются в урочищах ручьев Ручатдон, Лагатком

оползанием незакрепленных, полужакрепленных осыпных конусов и шлейфов скальных подножий. Наибольший поставщик обвального материала на этом участке правый борт реки ручья Бубудон, где сосредоточены очаги постоянного формирования оползневого материала в сотни тыс. куб. м. Состав грунтов дресва, глыбовый обвальный материал. На участке концентрируются пять крупных тектонических нарушения, имеющие северо-восточное крутое падение, за исключением Халацинского разлома, падающего на юго-запад. Линии пересечения геофизических профилей с региональными профилями, как правило, отмечаются на геофизических полях типичными разрывами на графиках нормального поля, что уверенно интерпретируются как тектонические нарушения. В зависимости от ориентировки профилей наблюдения выделенные нарушения высокого порядка и трещинного типа имеют оперяющую и кулисообразную ориентировку относительно региональных разломов. В пределах изученной площади участка Бубудон уверенно подтверждается концепция тектонической причинности интенсивного проявления экзогенных геологических процессов, выраженных в активном проявлении оползневых, солифлюкционных процессов и плоскостного смыва.

**Участок Земегон.** (Рисунок 5.1) Участок характеризуется обвальными, обвально-осыпными и широко развитыми на всей южной половине площади оползневыми процессами. Для северной половины площади характерно развитие плоскостного смыва, концентрированного по обоим бортам реки Земегон и ее правого притока, создающего оползневые массивы в особенности на левом борту р. Земегон, угрожающие временной запрудой водотока. Основной материал пролювий крупных конусов выноса боковых притоков, состав щебенисто-дресвянный с суглинистым заполнителем. К югу от Саухохского разлома выделяются большие скопления обвальных, обвально-осыпных, каменных и каменно-землянных глетчеров.

В пределах площади, изученной геофизическими методами, тектоника под покровом четвертичных отложений интерпретируется как кулисообразно сочетающаяся с региональным разломом Саухохский, расположенным на западе и востоке под ледниками. Выявленные кулисообразные нарушения высоких порядков классифицируются как постледниковые, проявленные в приледниковой зоне, что подтверждает одно из защищаемых положений.

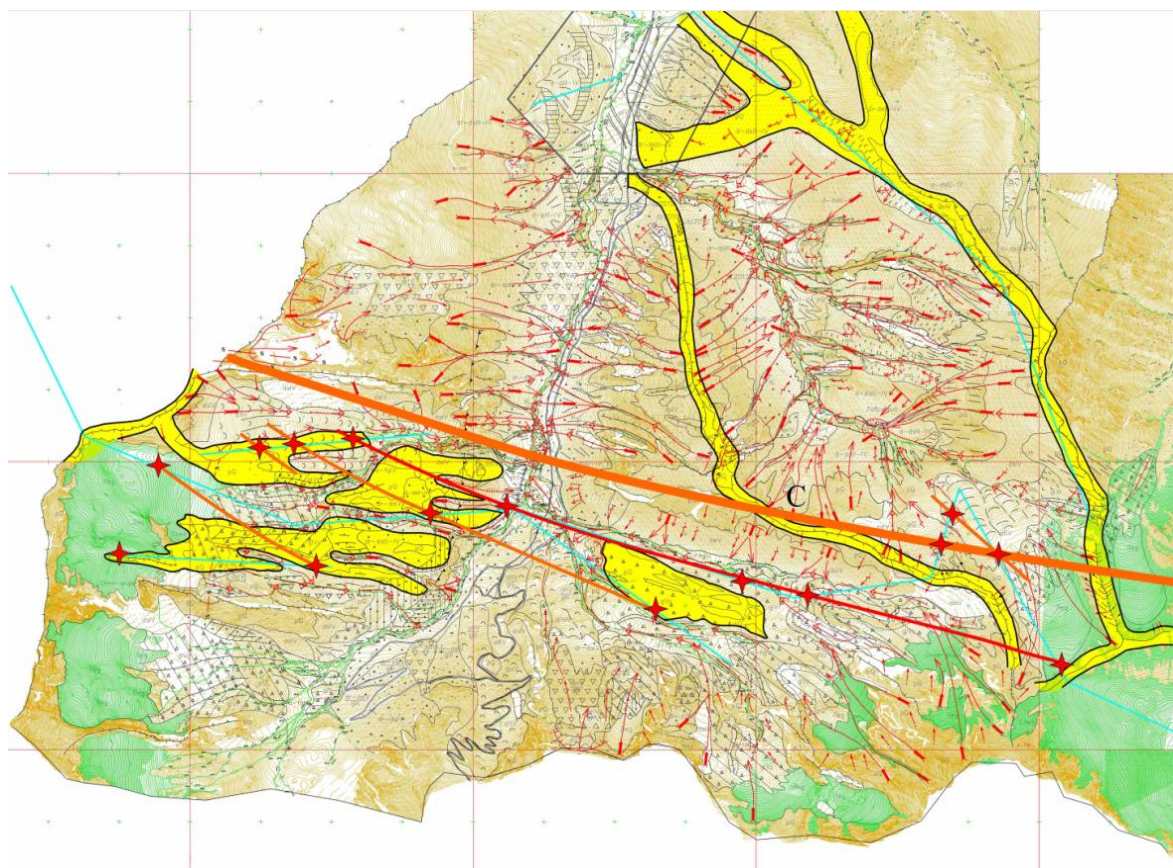


Рисунок 5.1 – Участок Земегон. Схема районирования по степени опасности геологических процессов с элементами тектонической накладки по геофизическим данным Чотчаева Х.О.). М 1:10000 (усл. обозначения см. в Приложение Е)

Активные геодинамические процессы эндогенного и экзогенного характера, обусловленные тектономагматическими воздействиями, совместно с комплексом сопутствующих физико-химических агентов, широким развитием четвертичного покрова и экзогенных очагов опасных геологических процессов различных генетических типов, включая многочисленные объекты климатической природы, определяют темпы геоэкологических преобразований. При этом макропроявления эндогенного воздействия представляют собой тектонические разрывы в формах сдвиго-сбросо-взбросовых нарушений, дислоцированные зоны (складчатость, трещиноватость, выходы минеральных источников, сейсмодислокационные рвы и локальные проявления), землетрясения, высокая сейсмичность, аномальные динамические напряжения, геофизические и геохимические поля.

**Участок Зарамаг** (Рисунок 5.2). Северо-западная часть площади Зарамагского участка занята одноименным ледником, на который обрушиваются с севера современные обвальные крупноглыбовые (до 15-20м в поперечнике) продукты

обрушения крутых скальных склонов, сейсмогравитационные оползни-срывы с правого борта приустьевой части долины р. Бубудон. Четвертичный комплекс отложений представляет собой дерупций голоценового возраста, делясь в виде оползней-блоков и оползней-потоков с признаками вязкопластичного течения и десерпций незакрепленных, полужакрепленных осыпных конусов и шлейфов скальных подножий дресвяно-щебенистого состава.

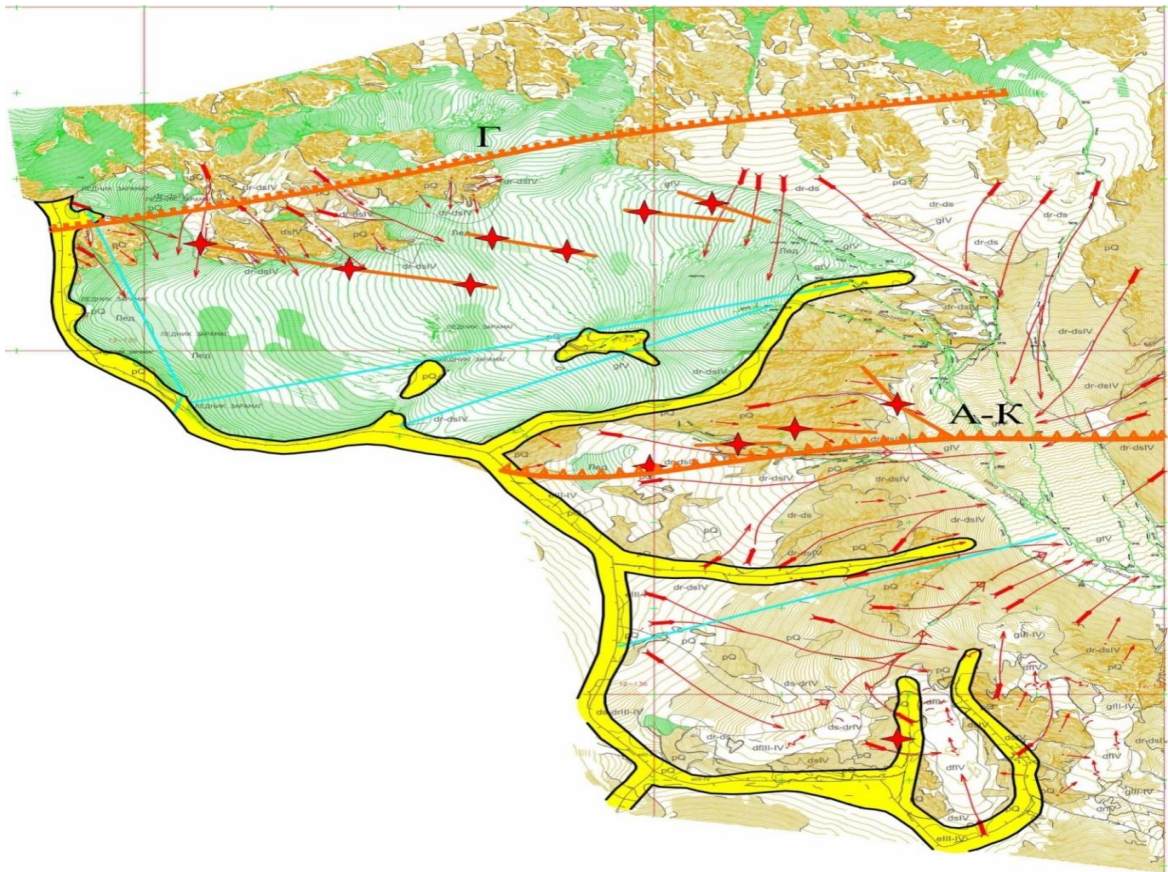
Опасным экзогенным геологическим процессам, в основном, подвержена юго-восточная часть площади, где наблюдается обвальное-осыпное процесс с севера и запада с аккумуляцией продуктов обрушения в верховьях р. Зарамаг, образуя эрозионные уступы, бровки отрыва оползневых цирков. При интенсивных таяниях льдов, затяжных дождях или ливневых осадках аккумулярованный материал в виде оползневых блоков угрожают подвижками, запрудами и далее селевым потоком.

Из региональных тектонических нарушений участок Зарамаг субширотно пересекают Главный Кавказский надвиг на севере и Адайком-Казбекский взброс на юге, оба падающие на северо-восток.

Инструментально полученные данные развития тектонической активности под покровом четвертичных образований показывают приуроченность аномальных отклонений геофизических параметров к региональным нарушениям. Полученные данные в зоне ледника могут быть использованы для корректировки пространственного положения Главного надвига.

В зоне Адайком–Казбекского взброса концентрация трещинной тектоники, полученная по геофизическим данным, и развитие обвальное-осыпных процессов полностью подтверждают выдвинутую автором концепцию зависимости активного проявления экзогенных геологических процессов от эндогенной геодинамической активности.

**Участок Козыдон-Гибитандон** (Рисунок 5.3). Площадь участка занимает юго-западную часть рекреационной территории, морфологически представляющую собой на юге три водораздела, разграниченные левым и правым рукавами р. Козыдон. Южная часть участка перекрыта дерупцией и десерпцией, представленными оползневыми блоками и потоками осыпных конусов и шлейфов скальных подножий.



Условные обозначения см. в Приложении Е

Рисунок 5.2 – Схема районирования по степени опасности геологических процессов по канатным дорогам участка Зарамаг с элементами тектоники по геофизическим данным Чотчаева Х.О., 2020 (геологическая основа Гончаренко О.А., 2012). М 1:10000

Юго-восточный склон западного водораздела характеризуется развитием обвально-осыпных процессов, аккумулирующих обломочный материал в больших количествах в бассейне реки Козыдон (левый рукав) и ее террасах, формируя селевые потоки. Крупнообломочный материал поступает на поверхность ледника Кози-хох, который скатываясь вниз, образуют ледово-каменные глетчеры. В зоне западного водораздела по всей северо-западной границе участка отмечается сейсмодислокационная активность, влияющая на активное проявление делювия-десерпция в виде перегляциальных мелкощебенистых и дресвяных накоплений с песчано-суглинистым заполнителем, легко поддающимся плоскостному смыву, струйной эрозии, а вдоль водотоков - селевым потокам. Оба склона водораздела



междуречья характеризуются активным проявлением плоскостного смыва и струйной эрозии.

Особо опасны развитием процесса площадной солифлюкции южные экспозиции водоразделов (верховья двух левых рукавов р. Козыдон перед слиянием с р. Земегондоном и левый борт р. Гибитандон). На реке Гибитандон насчитывается 9 участков потенциально опасных временного перекрытия русла рек оползневыми и лавинными массами. При этом южный склон (левый борт реки Гибитандон) испытывает интенсивное сейсмодислокационное воздействие.

По данным геофизических исследований геологический разрез участка испытывает активное геодинамическое воздействие, проявлением чего является широкое развитие разноранговых тектонических нарушений. Из региональных нарушений площадь на юге пересекает Саухохский разлом и на севере Згилский взброс, в точках пересечения с геофизическими профилями, как правило, региональные разломы подтверждаются инструментально.

Интерпретация полученных данных позволяет выделить на северо-западной половине участка три протяженные тектонические нарушения, верификация которых опирается на множество коррелируемых точек разрыва сплошности волновой картины и электрической проводимости.

**Участок Зруг** (Рисунок 5.4) включает площадь планируемой деревни Зруг и окрестный район долины. Геоморфологию участка определяют два гребневидных водораздела, расположенные на северо-западе и на востоке, практически смыкающиеся на юге, образуя циркообразную котловину. Все южное обрамление состоит из гряды ледовых вершин. Здесь, также как и на склонах западного водораздела, основными генетическими типами четвертичных образований являются делювий-десерпций с преобладанием последнего. В верховьях правого притока ручья Зруг Малый имеют место большие скопления обвальных и обвально-осыпных накоплений. Большое количество мелких по объему оползней, сформировано под западным склоном восточного водораздела. На внутридолинных экспозициях водоразделов развиты плоскостной смыв и струйная эрозия.

Наибольшую опасность представляет селевая угроза, потенциал селеобразования очень большой и этот потенциал, в большей части определяется наличием ледниковой зоны. Основными аккумулятивными структурами селей являются шесть водотоков

долины, включая основные реки Зруг и Малый Зруг и их рукава. Наибольшая концентрация селеобразующей массы происходит в бассейнах трех основных водотоков: долины р. Зруг, ее правого притока и р. Малый Зруг, хотя каждая межгорная впадина, спускающаяся от боковых водоразделов и южного ледового обрамления обладают потенциалом селеобразования и представляют собой угрозу селевого потока при ливневых или затяжных дождях.

Региональная тектоника представлена Саухохским разломом на юге и Згилским взбросом на севере. Выделенные низкоранговые тектонические нарушения интерпретируются как оперяющие региональных разломов.

Ориентировка профилей, изученных геофизическими методами (проект канатных дорог), близка к прогнозируемой ориентировке проявления неотектоники и трещиноватости. Хотя это не позволяет отразить взаимозависимость тектонического режима и развития экзогенных геологических процессов. Тем не менее, полученные данные позволяют интерпретировать ее развитие в меридиональной ориентировке, а основные водотоки долины отражают тектонику.

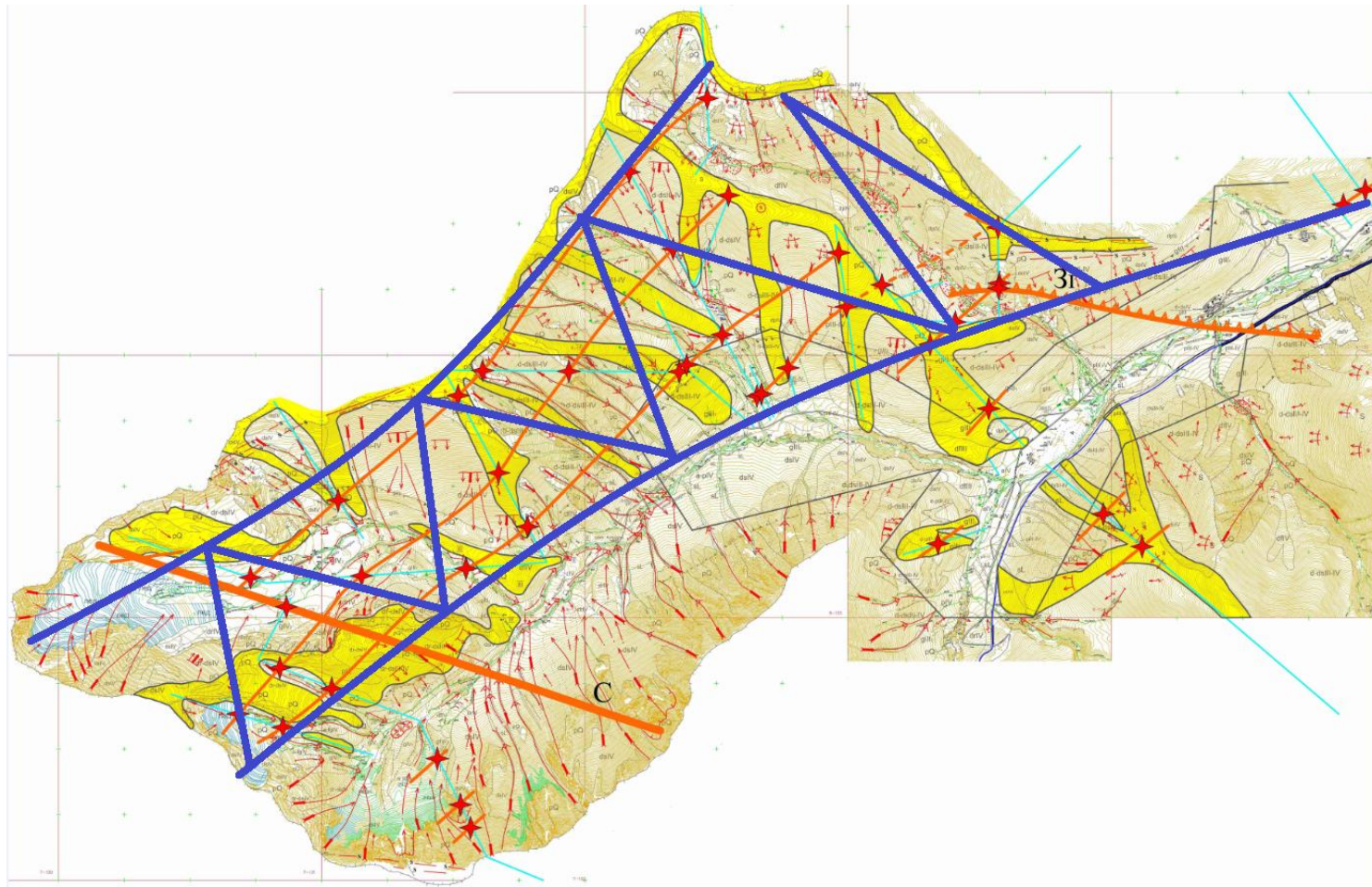
**Деревня Лисри** (Рисунок 5.5). Территории планируемых деревень Лисри, Козыком-Згил и Зруг районированы по опасным экзогенным геологическим процессам с учетом данных инженерно-геологических исследований, что предопределило их более детальное изучение и геофизическими методами.

В зависимости от режима присутствия рекреантов площади деревень классифицированы на три категории (Таблица 5.1), а по степени угрозы воздействия опасных экзогенных геологических процессов выделены шесть таксонов, обозначенные в на схемах районирования деревень (рисунки Лисри, Козыком-Згил, Зруг) в цветовых гаммах, соответствующих комплексам типов опасных геологических процессов, приведенных в грациях категорий Таблицы 5.1. Из региональных разломов площадку деревни Лисри с юго-запада на северо-восток пересекают четыре разлома: Згилский взброс, Халацинский взброс юго-западной vergence, в противоположность всем другим региональным разломам территории, далее Тибский взброс и Южно-Нарский взброс, на пересечениях с геофизическими профилями, подтверждаемые инструментальными наблюдениями.

Таблица 5.1 – Таксонометрические единицы к инженерно-геологическому районированию площадок застройки деревень Лисри, Козыком-Згил, Зруг

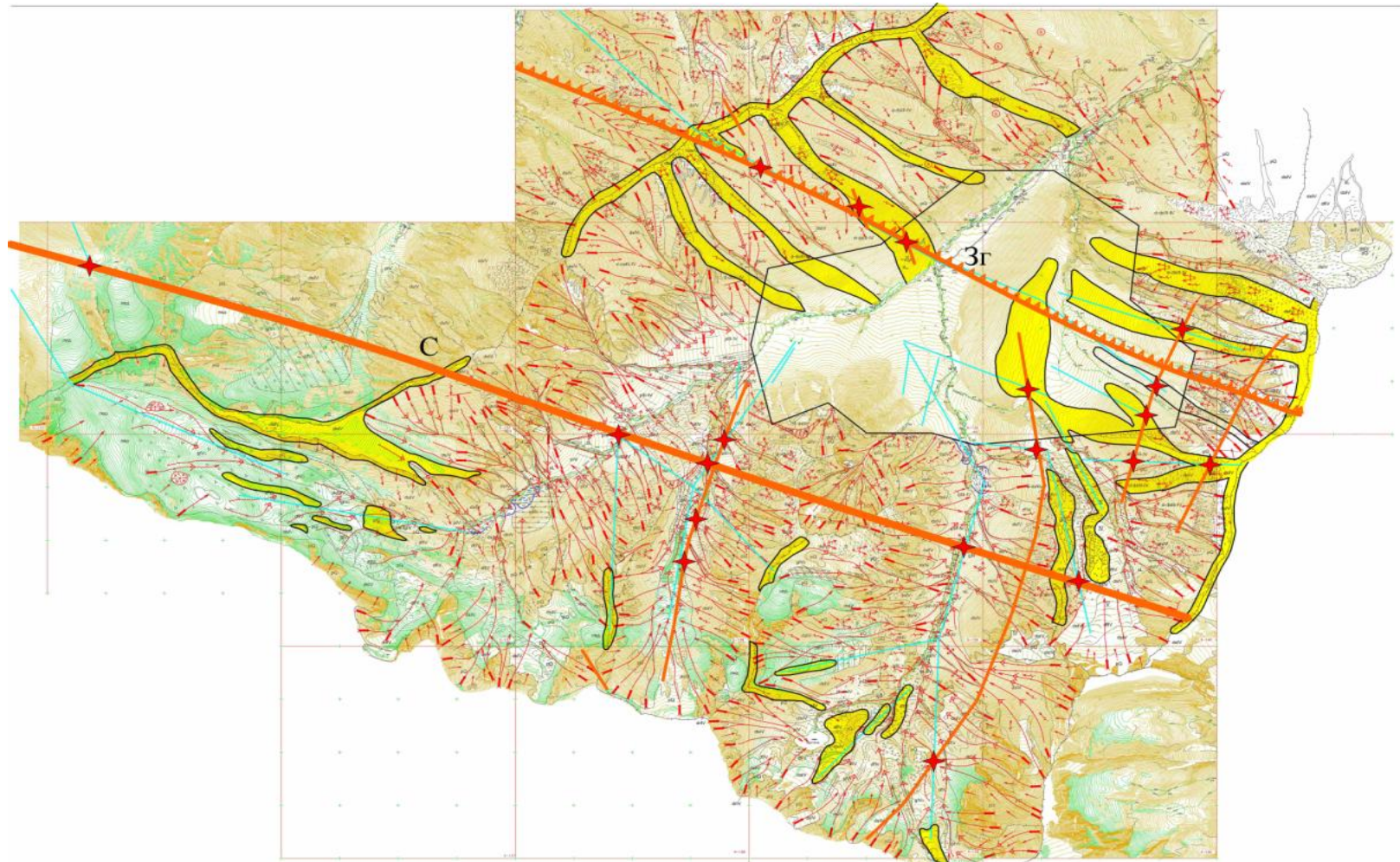
№ кате- гории	Описание инженерно-геологических условий	Рекомендации
1	Площадки, рекомендуемые для застройки объектов с условием постоянного присутствия персонала	
1а	Площадки с благоприятными инженерно-геологическими условиями. Пологие и средней крутизны склоны, сложенные скальными породами и перекрывающими их щебенистыми грунтами с суглинистым заполнителем мощностью до 3м. Экзогенные процессы – плоскостной смыв, струйная эрозия, солифлюкция.	Строительство объектов с подготовкой площадки без элементов тяжелой инженерной защиты
1б	Площадки с удовлетворительными инженерно-геологическими условиями. Поймы рек, сложенные галечниками и конусы селевых выносов, сложенные щебенистым материалом. Склоны от горизонтальных до пологих. Опасные процессы: периодические паводки и селевые потоки.	Строительство объектов с сооружением одного типа инженерной защиты селепропускного или противопаводковые дамбы отобвалования и дамбы отражающего типа
1в	Площадки с весьма неблагоприятными инженерно-геологическими условиями, поражаемые селевыми, эрозийными и лавинными процессами	Строительство объектов возможно с опережающим сооружением всех элементов противоселевой, противоэрозийной и противолавинной защиты, обеспечивающих круглогодичную безопасность строительной площадки.
2	Площадки, рекомендуемые для строительства объектов инфраструктурного	

	жизнеобеспечения (линейные, локальные, точечные), при условии периодического присутствия персонала	
2а	Площадки с благоприятными инженерно-геологическими условиями, устойчивыми склонами, сложенными скальными породами и щебенистыми грунтами с суглинистым заполнителем мощностью до 3-4 м на древних устойчивых бортах морен и террасах	Строительство проводится практически без сооружения объектов инженерной защиты за исключением мероприятий по нейтрализации негативного воздействия небольших водотоков микроселей, осыпных процессов.
2б	Площадки с удовлетворительными инженерно-геологическими условиями. Склоны средней крутизны и крутые, сложенные скальными и рыхлообломочными образованиями. Оползневые процессы, сели, лавинные осы, осыпные, лавины лодковые	Строительство объектов связано с необходимостью крепления верховых откосов при подрезке склонов, и строительство мостовых переходов и небольших селепропусков, установка водопропускных труб, сооружение водосборной и водосбросной систем. В зависимости от важности объекта возможны противолавинные галереи и селепропуски.
3	Площадки, рекомендуемые для всех видов строительства.	
	Условия строительства весьма неблагоприятные. Участки активных оползней, зоны транзита постоянных селевых потоков. Крутые скальные и обвальноосыпные участки, площади структурных сейсмооползней, сложенные деструктивными терригенными породами, зоны трещиноватости.	Строительство возможно с применением уникальных технологий и возведением дорогостоящих инженерно-защитных сооружений.



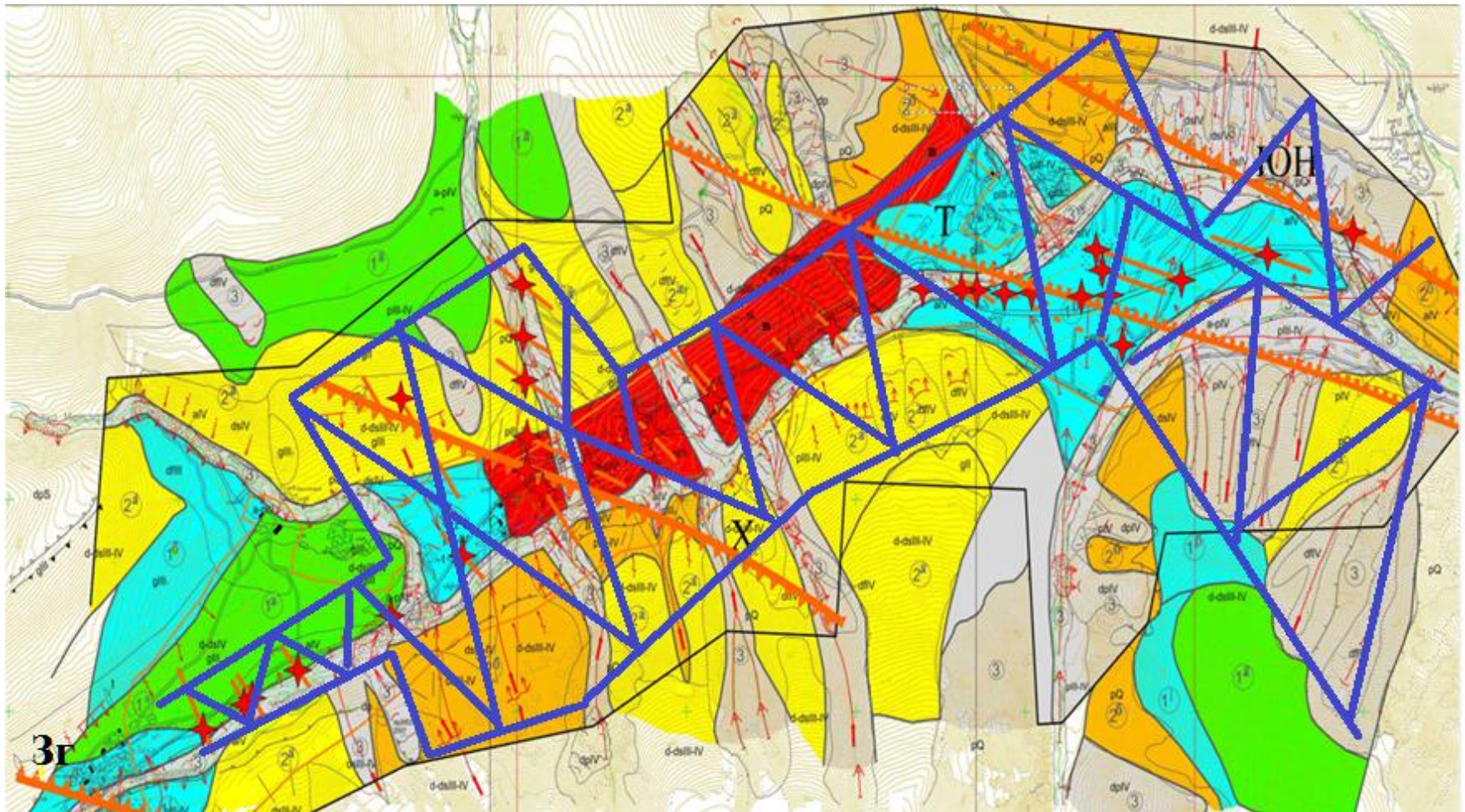
Условные обозначения см. в Приложение Е.

Рисунок 5.3 – Схема районирования по степени опасности геологических процессов с тектонической накладкой по геофизическим данным Чотчаева Х.О., 2020г. М1:10000. Участок Козыдон-Гибитандон (геологическая основа Гончаренко О.А., 2012г.)



Условные обозначения см. в Приложении Е

Рисунок 5.4 – Схема районирования по степени опасности геологических процессов, с элементами тектоники по геофизическим данным Чотчаева Х.О., 2020г). М1:10000. Участок Зруг (геологическая основа по Гончаренко О.А., 2012г



(условные обозначения см. в Приложении Е)

Рисунок 5.5 – Схема районирования по степени опасности геологических процессов по данным геолокации, 2008г и тектонической накладкой по геофизическим данным Чотчаева Х.О., 2020г). М 1:5000. Участок деревни Лисри. (геологическая основа Гончаренко, 2012г)

В полосе исследований геофизическими методами тектонической активностью коренные породы отмечаются под покровом четвертичных отложений вдоль продольной осевой части площади.

В северо-восточном окончании площади Лисри геофизические данные плотности выявленных тектонических нарушений противоречат заключению геологических изысканий об удовлетворительности инженерно-геологических условий таксона 1<sup>б</sup>, выделенного синим цветом и характеризуемого как пойма реки, сложенная галечниками и конусами селевых потоков и подверженной паводкам и селевым потокам. Строительство при такой тектонической активности может оказаться негативным.

Для деревни Лисри характерно развитие на большом интервале правого склона реки Мамисондон плоскостной смыв генетических образований делювия и десерпции и потенциальная угроза перекрытия русел некоторых водотоков оползневыми массами. Площадка в центральной части деревни Лисри (выделенная красным цветом и классифицированная как весьма благоприятная) не подтверждается геофизическими данными о развитии тектоники под четвертичным покровом. По плотности проявления тектонической активности площадка не может характеризоваться благоприятной для строительства.

**Деревня Зруг** (Рисунок 5.6). Особенности районирования участка Зруг продолжают проявляться и на площади деревни. Здесь также выделяются все шесть таксона. Классифицированная как таксон 1<sup>б</sup> (синий цвет) площадь, клином выделяется с юго-запада на северо-восток вдоль правого борта р. Зруг.

С юга над клином таксона 1<sup>б</sup> отмечаются развитие дефлюксий, представленных скоплениями оползней-потоков глетчерного типа (каменные, земляно-каменные и грунтовые). Они развиты по моренным, обвальным-осыпным и оползневым накоплениям с морфологией вязкопластичного течения, сменяющиеся к западу щебенистыми накоплениями. Наиболее широко развиты рыхлообломочные отложения десерпцией и площадной солифлюкцией. В центральной части деревни Зруг таксон 1<sup>б</sup> сменяется к востоку вытянутой с юга на север площадкой таксона 2<sup>б</sup>, где повсеместно развита площадная солифлюкция. Обломочный материал таксона - образования аллювиальные и десерпций.

Площадка с благоприятными условиями (таксон 1<sup>б</sup>) узкой полосой сменяет таксон 2<sup>б</sup> к востоку, также представленный обломочным материалом делювием и десерпций. Треть площади деревни Зруг, расположенная в восточной части, относится к таксонам 2<sup>а</sup>



и 2<sup>б</sup> с делювием десерпций. Северо-западный склон р. Зруг относится к таксону 2<sup>а</sup>, где отложения представлены при водотоках делювием, на склонах и возвышениях – десерпций. Деревню пересекает один региональный разлом – Згилский взброс, инструментально подтвержденный в ряде пересечений с геофизическими профилями. Тектоническая активность, проявленная в коренных породах под покровом четвертичных отложений, высокая в междуречье р. Зруг и ее нижнего правого притока. Деревню пересекает один региональный разлом – Згилский взброс, инструментально подтвержденный в ряде пересечений с геофизическими профилями. Тектоническая активность, проявленная в коренных породах под покровом четвертичных отложений, высокая в междуречье р. Зруг и ее нижнего правого притока. Детализированные исследования дают основание выделить серию нарушений северо-восточного простирания, которые явно ухудшают инженерно-геологические условия площади.

**Участок Козыком-Згил** (Рисунок 5.7). В пределах планируемой площади строительства деревень Козыком и Згил, объединенных общей площадью Козыком-Згил оба склона рек Козыдон и Земергондон, за исключением небольшой площадки на западе (таксон 1<sup>а</sup>), относятся к таксону 2<sup>а</sup> и характеризуются повсеместно интенсивным развитием плоскостного смыва и струйной эрозии. С правого склона р. Земергондон на участок слияния с р. Козыдон угрожают селевые потоки.

Выделенные таксоны 1<sup>а</sup> на левом борту р. Козыдон и 2<sup>б</sup> на участке слияния рек Козыдон и Земергондон, с учетом интенсивной тектоники под наносами могут быть ужесточены. Инструментально установленные зоны нарушений приурочены к известным региональным разломам: на юго-западе – Саухохскому, в центральной части деревни – Згилскому взбросу. Выявленные нарушения кулисообразно расположены по отношению к региональным разломам.

Устойчивая приуроченность проявлений опасных экзогенных геологических процессов к активным глубинным тектоническим нарушениям и связанным с ними трещинной тектонике постледникового проявления неотектонической активности подтверждает концепцию автора об определяющей роли эндогенных процессов в активизации экзогенных процессов и в эволюции геоэкологической среды. Воздействия на горные породы динамических эндогенных факторов (разрывы, трещиноватость, землетрясения, статические напряжения, сейсмодислокации, деформации)

усиливаются влиянием изменений на вещественном, структурном и молекулярном уровнях за счет физико-химических и геофизических агентов, сопутствующие эндогенные факторы, что приводит к ослаблению структурных связей породы и разрушению под влиянием атмосферных агентов.

При этом макропроявления эндогенного воздействия представляют собой тектонические разрывы в формах сдвига-сбросо-взбросовых нарушений, дислоцированные зоны (складчатость, трещиноватость, выходы минеральных источников, сейсмодислокационные рвы и локальные проявления), землетрясений, высокой сейсмичности, аномальных динамических напряжений, проявлений геофизических и геохимических полей.

Эндогенные факторы подготавливают кору выветривания, мощность которой составляет единицы и первые десятки метров, в зависимости угла склона и скорости сноса эродированного материала. На общем уровне геодинамической активности геоэкологическое состояние территории определяется естественными природными процессами и, как представляется из анализа возраста и распространения в пространстве моренных и четвертичных образований, интенсивности развития очагов опасных экзогенных процессов, а также мощности накопления в межгорных депрессиях, эволюция протекает в режиме примерного равновесия факторов прироста гор и денудации, основная масса которой выносится за пределы территории.

Проявления эндогенной активности, определяющие положительную динамику в эволюции гор, отмечаются не столько землетрясениями, как коллизии тектонических блоков, а системой сейсмодислокаций, проявленных несколькими субпараллельными полосами, общекавказского простирания на Главном хребте между перевалами Мамисонский на западе и Трусо на востоке. Протяженность выявленной части системы дислокаций составляет около 50 км при ширине 5-7 км. Система обнаруженных сеймотектонических нарушений представлена линейными разрывами, рвами, уступами и трещинами, группирующимися в продольные полосы. Здесь же в большом количестве распространены крупные гравитационные нарушения. Южная полоса, наиболее крупная и протяженная, картируется в бассейне р. Ардон и её притоках и названа Нарской зоной. Здесь, в субширотном и запад-северо-западном направлениях, прослеживается серия крупных линейных нарушений. Они представлены полосой 0,7 - 1,5 км, будучи отчетливо выраженными, преимущественно в водораздельных участках между

долинами Мамисондон и Зруг у горы Техта, в междуречье Льядона и Закка и на правом берегу Закка в её среднем течении.

Полоса сейсмодислокаций Нарской зоны аэровизуально прослежена в виде трёх обособленных участков на протяжении 55 км от пер. Мамисонского на западе, через перевалы Трусо и Авсанвандаг в верховья бассейна р. Терек, до пос. Гимара-Суатиси в Грузии. Лишь единичные нарушения протягиваются в согласии с простираем долин. В целом же сейсмотектонические линейные формы, образуя систему, секут рельеф, пересекая речные долины в субширотном направлении.

Наблюдения за селевыми сходами в основных бассейнах рек Мамисондон и Зруг за период последних регулярных наблюдений с 2004 по 2014 гг. показывают устойчивый рост числа селей и их общего объема (Рисунок 5.8).

Зависимость формируемого объема селей от их числа и продолжительности наблюдений за рассматриваемый период (2004 - 2014гг.) можно описать следующим выражением:

$$V=3,3Y+42N-3,0 \quad (5.1)$$

где -  $V$  – объем селя, в тыс. м<sup>3</sup>;

$N$  – число селей в год;

$Y$  – годы.

Среди эндогенных геодинамических процессов на территории активно проявляется сейсмодислокация. На каждом из участков можно насчитать по 3-7, изредка до 10 линейных субпараллельных нарушений протяжением по 3-5 км. Особенно многочисленны такие нарушения в верховьях рек Льядон и Закка. По смещению гребней овражных водоразделов разрывы Нарской зоны здесь диагностируются как левосторонние сбросо-сдвиги: северные крылья опущены, падение сместителей к северу под углом 60-70°. Нарушения большей частью представляют собой уступы, обрывы высотой от 0,5 до 10-15 м реже рвы или ложбины в карбонатном флише мальма-нижнего мела.

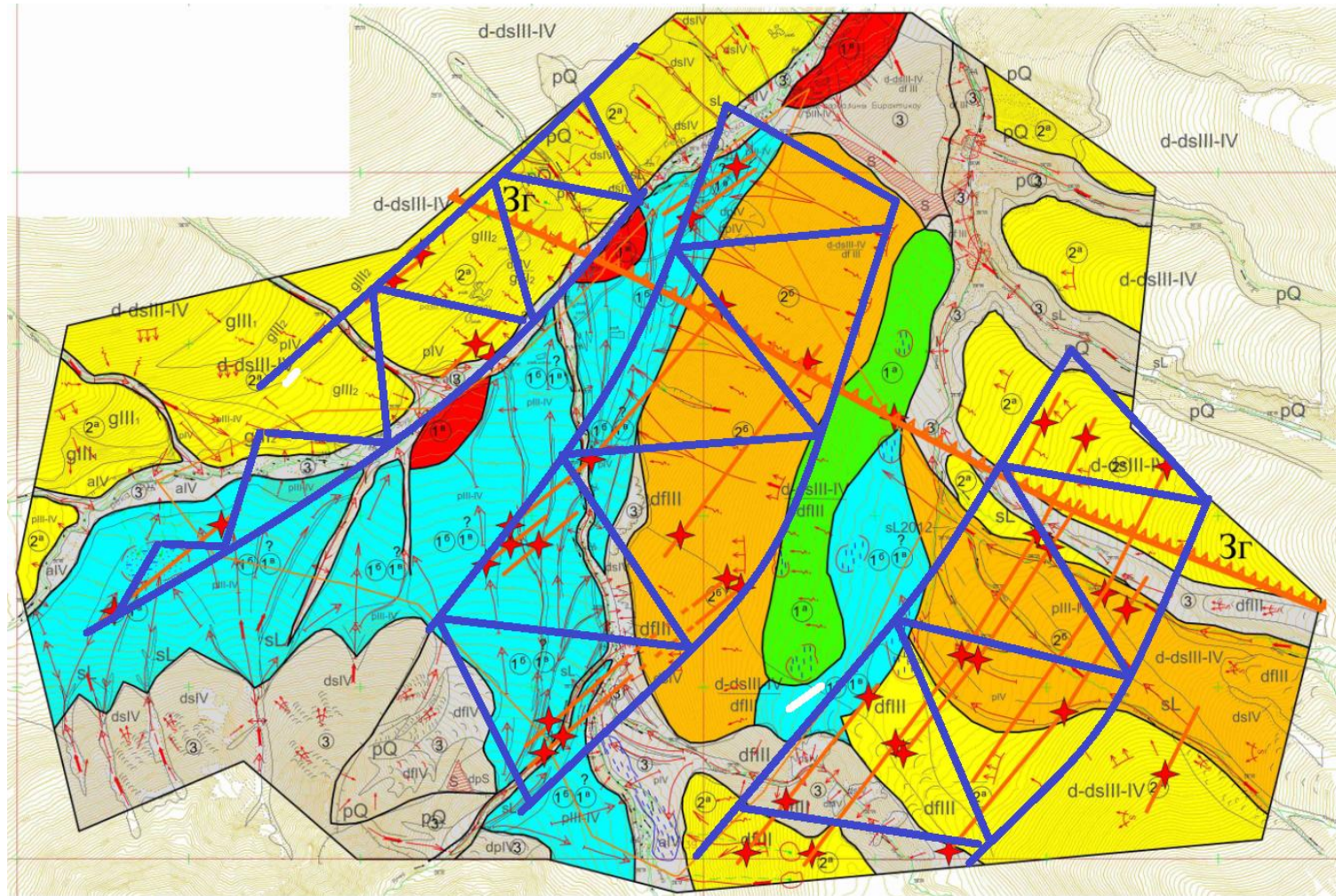
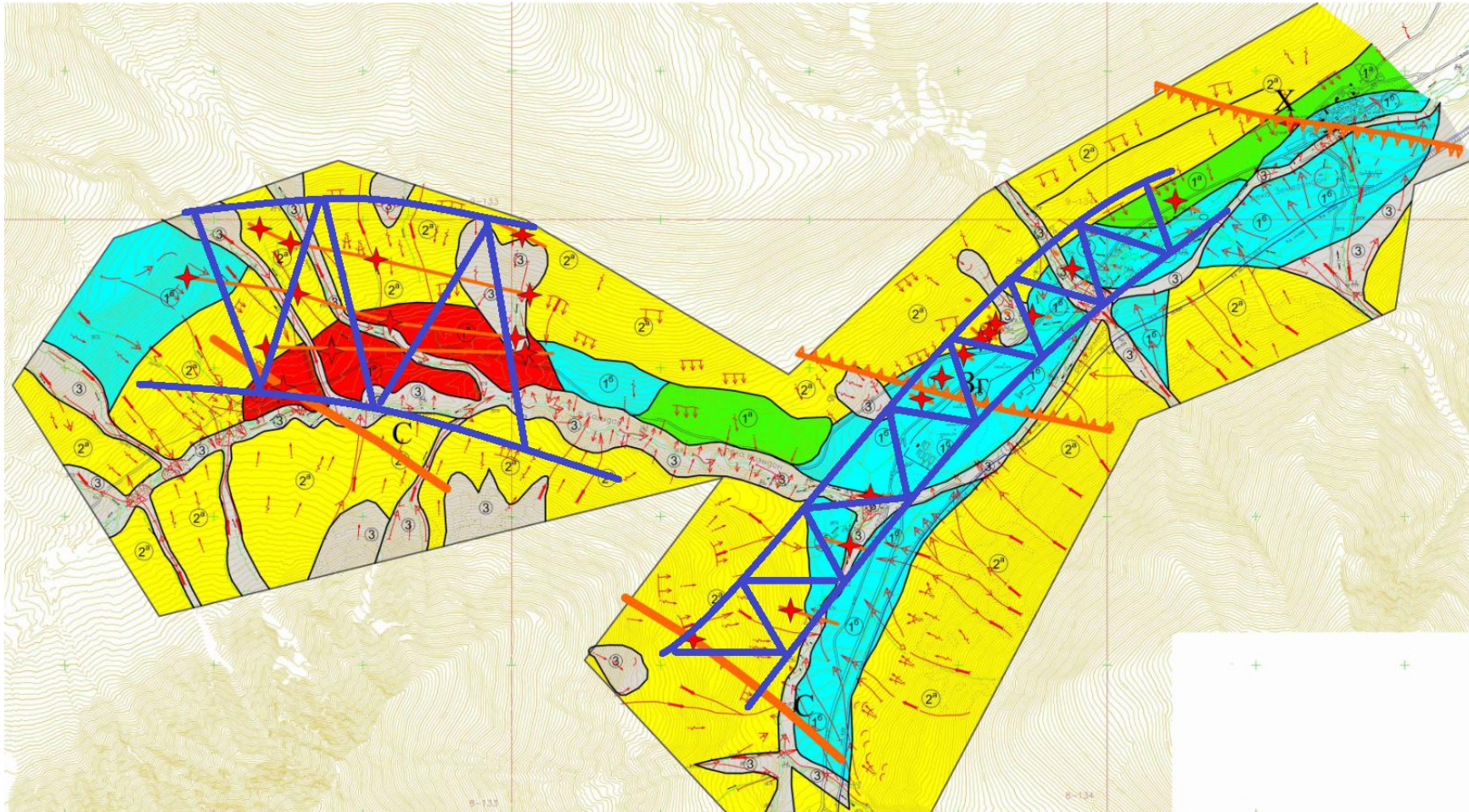


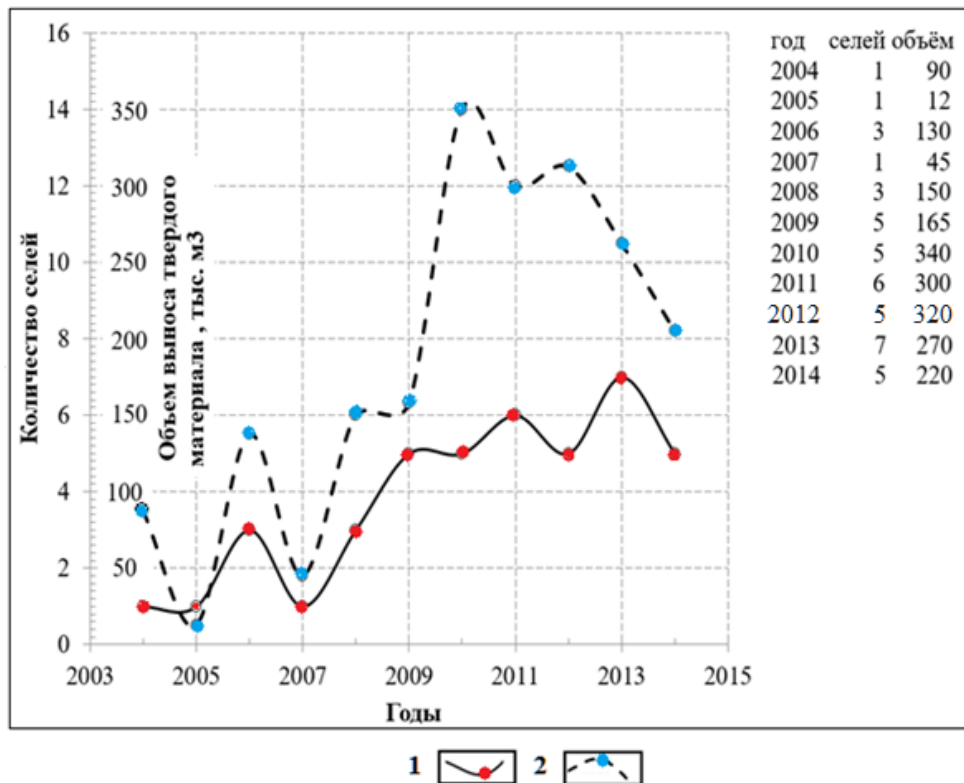
Рисунок 5.6 – Схема районирования по степени опасности геологических процессов с тектонической накладкой по геофизическим данным Чотчаева Х.О., 2020). М 1:5000. Участок деревни Зруг (геологическая основа Гончаренко, 2012г) (условные см. в Приложении 5.1)



(условные см. в Приложении Е)

Рисунок 5.7– Схема районирования по степени опасности геологических процессов с элементами тектоники по геофизическим данным Чотчаева Х.О., 2020г). М 1:5000. Участок деревни Козыком-Згил (геологическая основа Гончаренко, 2012 г.)

Число селей и объем, выносимого ими рыхлого материала, выраженные как функции от рассматриваемых годов, отражают устойчивое их увеличение, в целом, линейно (Рисунок 5.9) с величиной достоверности аппроксимации  $R^2=0,77- 0,78$ .



1- Количество селей в году; 2- объем (тыс.м<sup>3</sup>) выноса твердого материала

Рисунок 5.8 – Частота схода селей в бассейнах рек Мамисондон и Зруг по годам 2004-2014 (составил Чотчаев Х.О. и др., 2020 г.)

Линейные нарушения здесь совпадают с зонами крупных тектонических нарушений - Тибским и расположенным севернее Южным Нарским разломами. Одним из самых типичных и крупных элементов зоны сейсмодислокаций является Техтинский ров, расположенный в междуречье рр. Мамисон - Зруг на южном склоне пригребневой части г. Техта (Рисунок 5.10). Ров шириной до 30-50 м пересекает современные шлейфы коллювиальных отложений и прослеживается более чем на 10 км.

Следы сейсмоздствий, судя по всему точечного характера, отмечены на весьма устойчивых склонах бронированных толстоплитчатыми массивными известняками (Рисунок 5.11). Характерными признаками рассматриваемых нарушений являются:

- линейный характер нарушений, простирающихся вдоль склонов разной крутизны и по скатообразным водораздельным поверхностям;

- частая сеть и субпараллельный характер разрывов с пересечением во многих случаях эрозионных форм, а единичных - со следами продольного сдвигания;
- в ряде мест линейные дислокации пересекают не только аккумулятивный покров, но и коренные породы, согласно и секуще относительно их простираия;
- в подавляющем числе случаев линейные формы сопрягаются с сейсмогравитационными образованиями (оползни-срывы, обвалы, в том числе коренных пород). Иногда гравитационные формы срезают линейные формы полностью или частично пересекают сейсмогравитационные, т.е. их образование может быть синхронно.

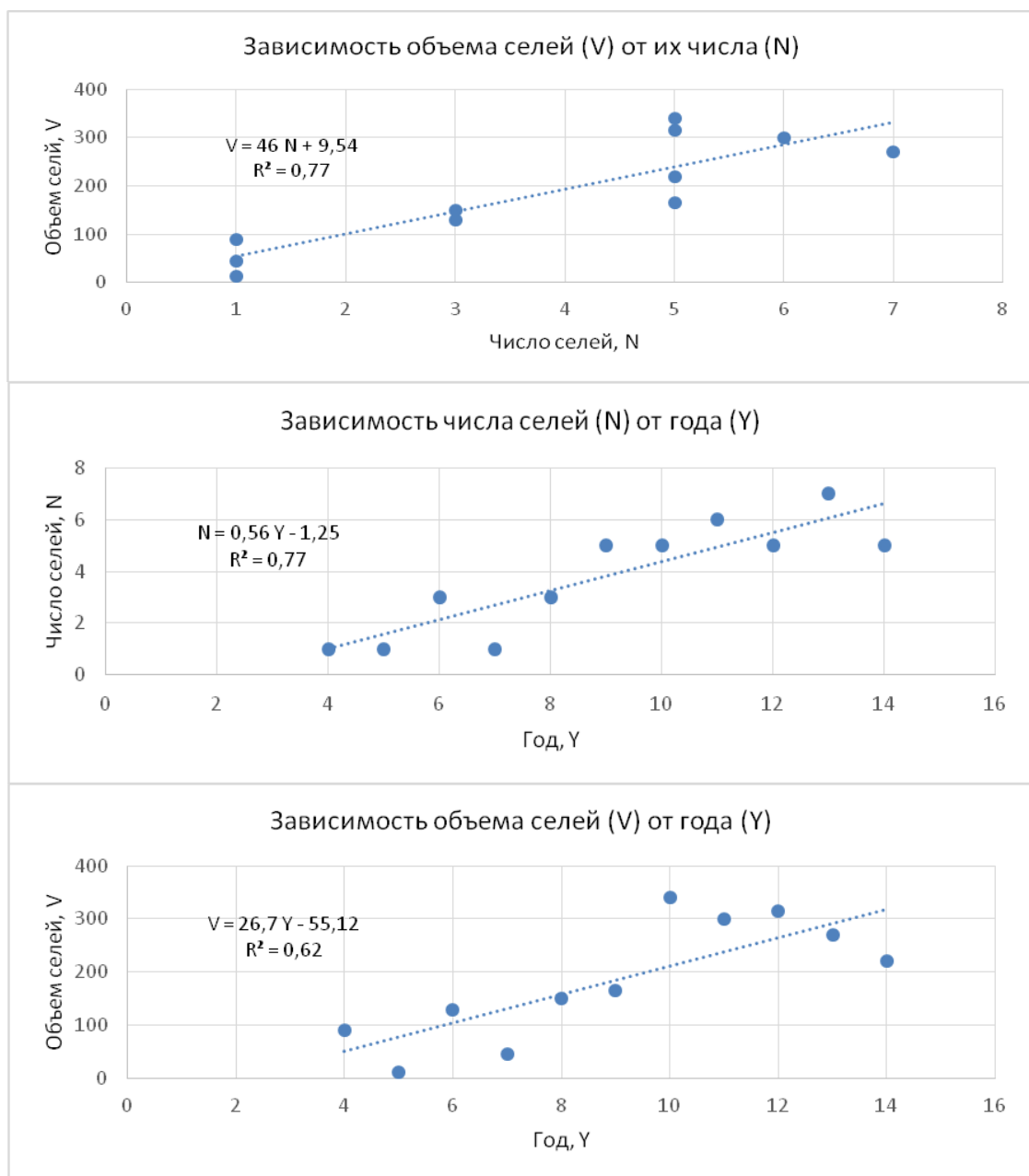


Рисунок 5.9 – Зависимость числа и объема селевых масс по годам

Большинство выявленных гравитационных нарушений имеет поперечные размеры 200-500 м, наиболее крупные оползни-срывы достигают ширины в 1 км при длине 1,5 и даже до 3 км.

При этом наиболее крупные и большая часть средних по размеру гравитационных скоплений (и их групп) приближены или даже сопрягаются с группами линейных разрывных нарушений или с отдельными наиболее крупными сеймотектоническими разрывами. В этих случаях они образуют парагенезис форм, которые, очевидно, порождены (обновлялись) одними и теми же импульсами. Возникновение подобных нарушений известно при сильных землетрясениях XX века на Кавказе.

В междуречье р.р. Мамисондон и Зруг в пределах активных сейсмогенных зон отмечаются участки сплошного срыва дерно-почвенного и рыхлого четвертичного покрова, оголяя кровлю коренных пород.

Приведенные признаки линейных нарушений позволяют относить их к сеймотектоническим нарушениям, хотя при известных крупных землетрясениях подобные образования не отмечались, возможно, из-за отсутствия специальных обследований в водораздельных приосевых частях Большого Кавказа.

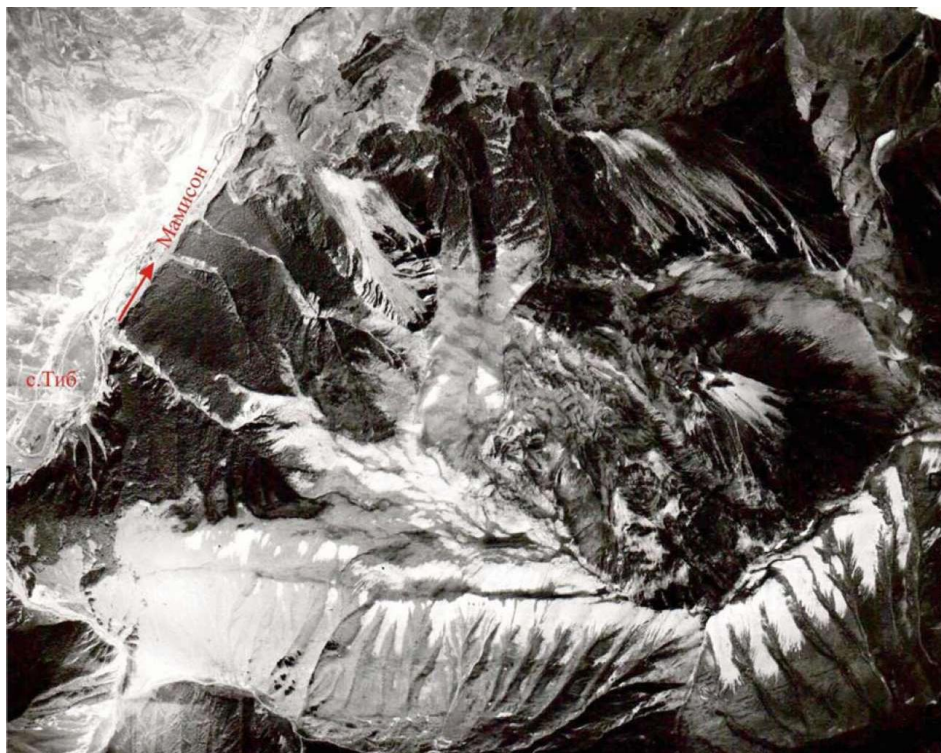


Рисунок 5.10 – Техтинская разрывная сейсмодислокация (сейсмический ров) в междуречье рр. Мамисондон - Зруг (фото Тавасиева Р.А., 2012г.)





Рисунок 5.11 – Следы точечных сейсмоударов на склонах, бронированных толстоплитчатыми известняками (фото Тавасиева Р.А., 2012г)

Четвертичные образования и выделенные в них отдельные объекты потенциальных очагов опасных геологических процессов представляют собой многокомпонентную и многообразную геологическую систему, которая в устойчивом состоянии является объектом инженерно-хозяйственной деятельности. При этом большинство объектов эрозионного характера покрыто растительностью и прекрасно вписывается в высокогорный ландшафт территории, оставаясь потенциально опасными по массонакоплению, условиям формирования, гравитационной энергии и возможности сочетания факторов, способствующих переводу объекта в неравновесное состояние.

Мамисонский узел Южной плиты-террейна, в отличие от морфологически однотипных частей складчато-глыбового поднятия Центрального Кавказа, характеризующих гранито-метаморфическую ядерную часть мегантиклинория, представлен северным склоном терригенной толщей южной депрессии, сложенной породами низкой крепости, что предопределяет высокую уязвимость пород к

эндогенным процессам, широкое развитие четвертичного покрова и очагов опасных экзогенных процессов в комплексе с атмосферными агентами.

## **5.2 Основные геодинамические факторы и интенсивность их влияния на геозекологическую ситуацию**

Для количественной оценки геозекологического воздействия геодинамических факторов сделана выборка всех проявляющихся геодинамических и климатических факторов, интенсивность воздействия каждого из которых на окружающую среду приведена по пятибалльной системе. При этом в основе ранга рассматривается не сила сотрясения, а способность того или иного геодинамического фактора к ускорению денудации пород, ослаблению их инженерных свойств, развитию четвертичных отложений, опасных геологических процессов и, в конечном счете, ускоренному изменению геозекологической обстановки.

Максимальный ранг воздействия отдельного фактора устанавливался на основе методологии экспертных оценок [Гольцман, 1976, 1980] в виде учета массопереноса (обвалы-осыпи, сели, оползни и т.п.), ландшафтно-геоморфологических изменений (подвижки ледников, сход лавин), длительных или краткосрочных ожидаемых последствий (тектонические, вулкано-плутонические проявления, землетрясения, сейсмодислокации). Принято, что воздействие на геозекологическую ситуацию  $N$  факторов, каждая интенсивностью в один ранг или единичный ранг соответствует наименьшему влиянию фактора на геозекологическое состояние, а уровень 5 ранга – наибольшему по аналогии с работами Заалишвили В.Б. [Заалишвили, 2001; 2014].

Для расчета риска  $R$  реализации воздействия использовалось следующее соотношение [Чотчаев и др., 2021а]:

$$R = W \times D \quad (5.2)$$

где:  $W$  – суммарное, максимально возможное воздействие всех учтенных факторов  $W = \sum W_{\max i}$ , ранг;

$D$  – уязвимость или геозекологическое состояние конкретной локальной площадки, ранг.

$R_i$  - риск проявления воздействия отдельного фактора  $W_i$  и реакция локальной площадки на воздействие данного фактора  $D_i$ , соответственно,

$$R_i = W_i \times D_i, \text{ ранг.}$$

$$R = \sum R_i \quad (5.3)$$

Необходимо отметить, что при оценке весового вклада геодинамического фактора, элемент субъективизма присутствует, однако чем больше факторов используются в комплексе, тем более суммарная ошибка за субъективизм приближается к минимуму.

На основе анализа результатов изучения комплекса геодинамических факторов, наблюдаемых на территории проектируемого комплекса, были разработаны две таблицы.

В таблице 5.2 приведены количественные характеристики воздействий геодинамических процессов на геозекологическое состояние площадки, обусловленных литологическими, геоморфологическими, эндогенными, экзогенными геологическими и природно-климатическими факторами. В таблице 5.3 приведены результаты расчетов риска  $R_i$  проявления воздействия отдельного фактора с потенциалом  $W_i$  на площадку и ее геозекологической уязвимостью  $D_i$  на соответствующий фактор.

Таким образом реализуется ранжирование рисков потенциала воздействий на геозекологическое состояние высокогорных территорий по уровням их проявления от литологических, геоморфологических, эндогенных, экзогенных геологических и природно-климатического факторов или условий [Бондаренко и др., 2020; Стогний и др., 2019].

Таблица 5.2 – Количественные характеристики воздействий геодинамических процессов на геозекологическое состояние высокогорных территорий

№ п/п	Виды воздействия	Уровень воздействия			
		Слабый	Средний	Высокий	Регрессивный
1	2	3	4	5	6
1	Землетрясения в ближней зоне ( $R=50\text{км}$ ), сейсмическая интенсивность, баллы	<6	6-7	7-8	8-9
2	Зона активного нарушения (плотность нарушений, в $\text{км}/\text{км}^2$ )	0,01	0,02	0,03	0,04
3	Зона пересечения субширотных и субмеридиональных нарушений от одного до четырех и выше (пересечение), N	1	2	3	>3

4	Зона развития трещинной тектоники, км/км <sup>2</sup>	0,03	0,05	0,07	>0,07
5	Зоны, подверженные воздействию статических геофизических, геохимических полей в радиусе действия событий: 10-20; 20-30; 30-40; 40-50, R, км	3	4	5	6
6	Зоны проявления событий сейсмодислокаций в пределах структурного блока, N	1	2	3	>3
7	Распространение четвертичных отложений в интервалах высот, H, м	1700-2000	2000-2300	2300-2600	>2600
8	Коренные породы мягкие (до 50 МПа), обнаженность, проценты	40	50	60	>60
9	Базис эрозии 1000 м и более, на высотах от 2000 и выше, с учетом оледенения, h, м	2000-2500	2500-3000	3300-3500	3500-4000
10	Базис эрозии 500 м на высотах от 1500 и выше, h, м	1500-1700	1700-1800	1800-1900	1900-2000
11	Базис эрозии до 500 м на высотах от 1500 м и ниже, h, м	1300-1500	1100-1300	1000-1100	>1000
12	Рельеф с углами наклона до 15 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы	обвалы-осыпи	морены	сели	оползни
13	Рельеф с углами наклона 15-20 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы	обвалы-осыпи	обвалы-осыпи	сели	оползни
14	Рельеф с углами наклона >20 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы	обвалы-осыпи	обвалы-осыпи	сели	оползни
15	Мощность четвертичных отложений 0-5 м, при разных углах наклона рельефа, град	12-15	15-20	20-25	>25
16	Мощность четвертичных отложений 5-12 м, при различных углах наклона рельефа, град	12-15	15-20	20-25	>25
17	Мощность четвертичных отложений более 12 м, при различных углах наклона рельефа, град	12-15	15-20	20-25	>25
18	Сели за год, объемом от 10 тыс. м <sup>3</sup> и более, N	1	3	5	>5
19	Оползни за год, объем, V, м <sup>3</sup>	10	50	100	>100

20	Обвалы – осыпи, объем, V, тыс.м <sup>3</sup>	75	100	150	>150
21	Плоскостной смыв, на один км <sup>2</sup> , S, км <sup>2</sup>	0,05	0,07	0,10	>0,10
22	Эрозионная деятельность рек «боковая эрозия», l, м/час	1,0	2,5	4,0	>4,0
23	Солифлюкция при мощности захвата процессом по вертикали, h, м	1,0	2,0	4,0	>4,0
24	Струйная эрозия на склонах с углами рельефа, град	20	25	30	>30
25	Карстообразование, проявления на км <sup>2</sup> площади, N	1	2	3	>3
26	Лавины, за год, N	1	2	3	>3
27	Ледники и глетчеры, события паводкового типа, за год, N	1	2	3	>3

Таблица 5.3 – Ранжирование потенциала воздействий геодинамических процессов на геоэкологическое состояние высокогорных территорий

№ п/п	Виды воздействия	Весовой рейтинг воздействия, W <sub>maxi</sub>	Риск Ri проявления воздействия фактора Wi на площадку и уязвимость Di к нему			
			Слабый Wi x Di	Средний Wi x Di	Высокий Wi x Di	Регрессионный, Wi x Di
1	2	3	4	5	6	7
<b>I Факторы эндогенного воздействия</b>						
1	Землетрясения в ближней зоне (R=50км), сейсмическая интенсивность, ранг	5	1	2	3,5	5
2	Зона активного нарушения (плотность нарушений, в км/км <sup>2</sup> ), ранг	3	1	1,5	1	3
3	Зона пересечения субширотных и субмеридиональных нарушений от одного до четырех и выше (пересечение), N, ранг	4	1	2	3	4
4	Зона развития трещинной	5	1	2	3,5	5

	тектоники, км/км <sup>2</sup> , ранг					
5	Зоны, подверженные воздействию статических геофизических, геохимических полей в радиусе действия событий: 10-20; 20-30; 30-40; 40-50, R, км, ранг	2	1	1	2	2
6	Зоны проявления событий сейсмодислокаций в пределах структурного блока, N, ранг	3	1	2	3	3
<b>II Литологические факторы</b>						
7	Распространение четвертичных отложений в интервалах высот, H, м, ранг	3	1	1,5	2	3
8	Коренные породы мягкие (до 50 МПа), обнаженность, проценты, ранг	3	1	1,5	2	3
<b>III Геоморфологические факторы</b>						
9	Базис эрозии 1000 м и более, на высотах от 2000 и выше, с учетом оледенения, h, м, ранг	4	4	3	2	1,5
10	Базис эрозии 500 м на высотах от 1500 и выше, h, м, ранг	3	1	1,5	2	3
11	Базис эрозии до 500 м на высотах от 1500 м и ниже, h, м, ранг	2	1	1,5	2	2
12	Рельеф с углами наклона до 15 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы,	3	1	1,5	2	3

	ранг					
13	Рельеф с углами наклона 15-20 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	2	1	1,5	2	2
14	Рельеф с углами наклона >20 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	2	1	1	2	2
<b>IV Факторы экзогенного и природно-климатического характера</b>						
15	Мощность четвертичных отложений 0-5 м, при разных углах наклона рельефа, град, ранг	2	1	1	1,5	2
16	Мощность четвертичных отложений 5-12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг	3	1	1	2	3
17	Мощность четвертичных отложений более 12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг	3	1	1,5	1,5	3
18	Сели за год, объемом от 10 тыс. м <sup>3</sup> и более, N, ранг	5	2	3	4	5
19	Оползни за год, объем, V, м <sup>3</sup> , ранг	3	1	1,5	2	3
20	Обвалы – осыпи, объем, V, тыс.м <sup>3</sup> , ранг	4	1,5	2	3	4
21	Плоскостной смыв, на один км <sup>2</sup> , S, км <sup>2</sup> , ранг	3	1	1	2	3
22	Эрозионная деятельность рек «боковая эрозия», I, м/час, ранг	4	1,5	2,5	3	4

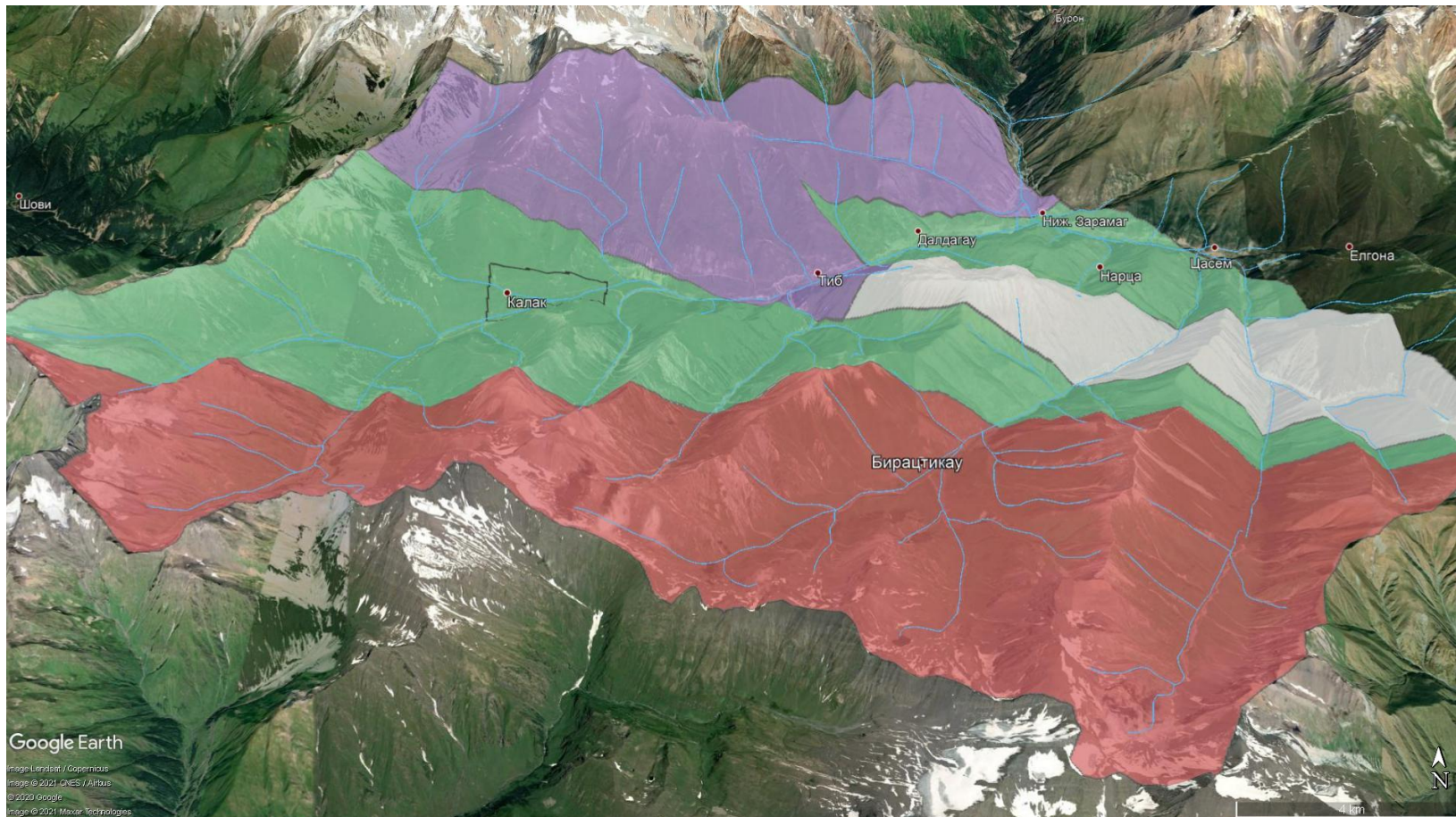
23	Солифлюкция при мощности захвата процессом по вертикали, h, м, ранг	3	1	1,5	2,5	3
24	Струйная эрозия на склонах с углами рельефа, град, ранг	3	1	1,5	2,5	3
25	Карстообразование, проявления на км <sup>2</sup> площади, N, ранг	3	1	1,5	2	3
26	Лавины, за год, N, ранг	5	2	3	4	5
27	Ледники и глетчеры, события паводкового типа, за год, N, ранг	4	1,5	2,5	3	4
Сумма максимальных воздействий факторов $W = \sum W_{\max i}$ и суммы рисков $R = \sum R_i$ , ранг		95	34,5	48,0	64,0	91,5
Уязвимость $D = R/W$ или геоэкологическое состояние площадки		1	0,363	0,505	0,674	0,964

Ранжирование исследуемой территории и округа (порядка 400 кв. км) по 27 геодинамическим факторам эндогенного, экзогенного и климатического характеров выполнено по единичным площадкам (квадраты 2x2 кв.км), всего 105 квадратов. Данные приведены в таблицах И.1-И.15 (Приложение И).

В таблицах И.1-И.15 (Приложение И) максимальный суммарный уровень воздействий всех факторов (сумма весовых рейтингов события) при их одновременном присутствии и составляет 95 рангов. Эта величина может уменьшаться на весовой уровень геодинамического фактора не участвующего в процессе.

Геоэкологическая нагрузка на квадрат оценивается по отношению набранной для исследуемой площадки суммы рисков  $\sum R_i$  рангов к возможной сумме максимально установленных рангов воздействия  $\sum W_{\max}$ , участвующих в процессе геоэкологического преобразования геодинамических факторов.





Уровни геоэкологической нагрузки от геодинамических воздействий:

1 – слабый; 2 – средний; 3 – высокий; 4 – регрессивный.

Рисунок 5.12 – Карта -схема зонирования геоэкологической нагрузки территории туристско-рекреационного комплекса «Мамисон»

Зонирование территории по геоэкологической нагрузке показано на Рисунке 5.12. Площадки деревень и участков (Рисунки 5.3; 5.5; 5.6; 5.7, где наблюдаются наибольшие геоэкологические нагрузки, отмечены специальным штрихом.

Зонирование геоэкологической нагрузки территории проведено на основе полученных величин этих отношений, которые классифицированы в 4 группы в процентах: 0-40% - нагрузка слабая; 40-55% - нагрузка средняя; 55-70% - нагрузка высокая и выше 70% - нагрузка регрессивная [Чотчаев и др., 2021а].

Окончательные результаты расчетов представляются в виде части от целого: 0-0,4, 0,4-0,55, 0,55-0,7 и выше 0,7.

При зонировании территории по степени геоэкологической нагрузки использованы данные блоковой дифференциации территории и развития активных тектонических нарушений [Несмеянов и др., 2003] Казбекского сегмента мегасвода Большого Кавказа (Приложения Ж1,2) и современная неотектоника, выявленная под покровом четвертичных отложений геофизическими исследованиями [Чотчаев и др., 2020].

### **5.3 Палеоэкологическая оценка территории и долгосрочный прогноз ее развития**

Функциональная зависимость геодинамических и климатических факторов, формирующих воздействия на геосреду, создает опасность чрезмерной нагрузки и нарушения ее равновесной эволюции. Очевидно, что в условиях Южной депрессии техногенное воздействие подрезкой склонов обусловит реакцию геосреды в виде оползней, осыпей, струйной эрозии и т.д.

Для Мамисонского узла алгоритмы взаимосвязей геодинамических процессов составлены в предположении одновременного многофакторного или однофакторного воздействия на геоэкологическую ситуацию (Рисунок 5.13).

На основе анализа современных исследований и собственных наблюдений на территории пространственной взаимосвязи активных тектонических нарушений, генерирующих основные тектоно-магматические события (землетрясения, локальное и зональное проявление сейсмодислокаций, минерализованные источники, динамические и геофизические поля) и концентраций очагов развития опасных экзогенных процессов, делается вывод о причинно-следственной связи эндогенных и экзогенных геологических

процессов. Эндогенные геодинамические процессы определяют основной тренд геоэкологической эволюции. Если экзогенный процесс опасен, например, для отдельной группы людей, локальной популяции микробоценоза или инфраструктурного элемента, попавших в зону влияния, то эндогенный процесс представляет угрозу в региональном масштабе. При этом влияние глубинного тектонического нарушения может распространяться на десятки и сотни кв. км.

Четвертичные образования элювиального ряда, осыпные, пролювиальные, а также генетические типы смешанного генезиса, представленные обвальными-осыпными, делювиальными-осыпными и пролювиальными накоплениями относятся к позднеплейстоцен-голоценовому возрасту (400–300 тыс. лет назад). В раннем неоплейстоцене (2,2–2,3 млн. лет назад) в условиях геодинамической обстановки коллизии Большой Кавказ уже обрел современный облик, сохраняя средний по орогену темп роста 1,5–5,0 мм в год до настоящего времени [Растворова, 1973].

За позднеплейстоцен-голоценовый период (четвертичные образования в основном имеют такой возраст накопления) горы прирастили дополнительно к достигнутым высотам 1200-1300м, которые эродированы, транспортированы водными потоками и эоловым выветриванием далеко за пределы территории, часть перемещена в межгорные рифтогенные депрессии. Исходя из среднестатистической скорости прироста гор, возраста наиболее ранних четвертичных образований и мощности денудированного материала в межгорных депрессиях, скорость накопления не превышает 0,3-0,4мм в год.

За рассматриваемый период геоэкологической эволюции к признакам пенеппенизации можно отнести незначительные накопления в депрессиях, что не может быть фактором существенных геоэкологических изменений, а вот устойчивый рост гор и равноценная интенсивность эрозионных процессов являются признаками продолжающегося развития геодинамической обстановки коллизии основных неотектонических структур на рассматриваемой территории.

Стабилизация роста гор и эрозионного сноса за позднеплейстоцен-голоценовый период развития предопределил медленное накопление в геоморфологических понижениях рельефа остаточного материала, не вынесенного водными потоками и эоловым выветриванием по морфологическим причинам.

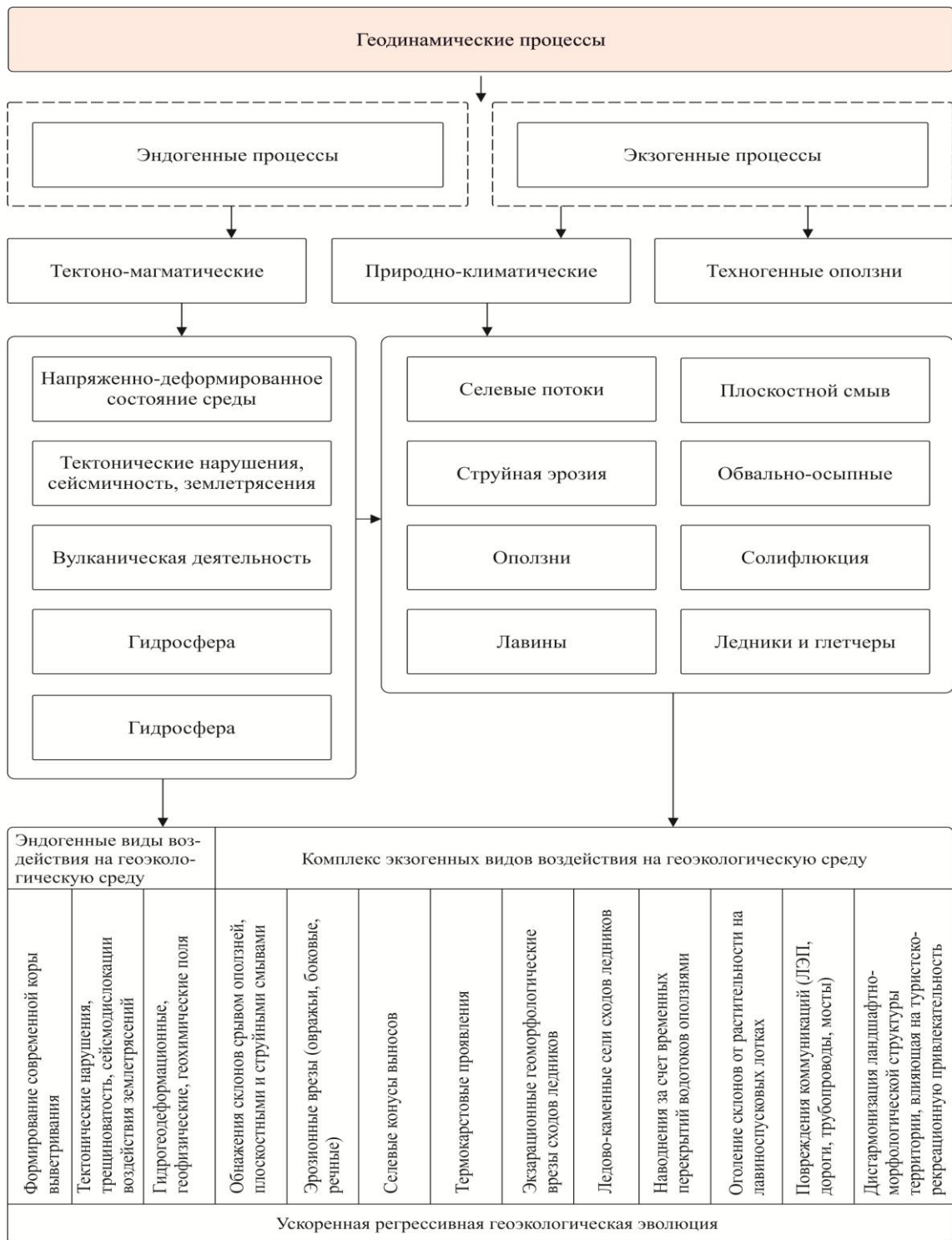


Рисунок 5.13 – Воздействие геодинамических процессов, осложненных природно-климатическими факторами, на геологическое состояние высокогорных территорий [Чотчаев и др., 2020].

Выделенные потенциальные очаги опасных геологических процессов характеризуют геологическую эволюцию за период их накопления (верхний

неоплейстоцен-голоцен) и находятся в состоянии разной степени неустойчивого равновесия, выход из которого дополнительно требует определенного спускового фактора.

Эндогенные геодинамические процессы в целом и, за редким исключением, экзогенные геологические процессы, возникшие в процессе естественной эволюции, регулированию не подлежат, без опасности нанесения существенного техногенного вреда. В этой связи, наиболее эффективный результат безопасного управления опасными процессами – точное знание сценариев их развития и разработка опережающих защитных мер безопасности.

Геоэкологическая безопасность и геоэкологическая состояние среды применительно туристско-рекреационных территорий в работе трактуются по-разному: первая означает меры и способы опережающего предупреждения возможных воздействий на биоценоз, в целом, и человека, в частности, опасных природных процессов (геодинамических эндогенного и экзогенного характера, атмосферных, гидросферных, биологических, пожаров); второе, наиболее фундаментальное, определяется воздействием на геоэкологическую среду динамическими напряжениями (тектонической дислокацией и остаточными деформациями) сейсмическими волнами, геохимическими, геофизическими, барическими, тепловыми, радиационными и газогидродинамическими полями.

Эндогенное геодинамическое проявление является гигантским импульсным источником перечисленных динамических и физических полей, одномоментно воздействующих на геоэкологическую среду в различных частотных и амплитудных режимах.

Одни поля (деформационные) разрывают среду, другие по зонам проникновения химически разрушают породы, третьи на молекулярном уровне оказывают влияние на микростроение среды.

Отклики отдельных колоний и популяций биоценоза на столь масштабные и разносторонние воздействия, возможно, в течение длительного времени (соизмеримого с продолжительностью активной стадии геодинамической обстановки) подтверждают положение в работе о причинно-следственной зависимости экзогенных процессов и темпов геоэкологической эволюции локальных территорий от эндогенной геодинамической активности.

Развитие характерных для территории экзогенных геодинамических процессов рассматривается в причинно-следственной зависимости от эндогенных геодинамических процессов, а их геоэкологические последствия оцениваются уровнем опасного воздействия на рекреантов и инфраструктуру комплекса, на местное население и объекты их жизнеобеспечения.

Основной причиной активного проявления опасных экзогенных геологических процессов и изменения геоэкологических условий для биоты, включая человека, являются эндогенные геодинамические процессы. Помимо макропроявлений в виде сбросо-сдвиговых смещений и разрывных нарушений, землетрясений, вулканических извержений, магматических внедрений, негативно трансформирующих окружающую геосреду для биоты, эндогенные процессы оказывают еще микровоздействия широким комплексом сопутствующих признаков. Такими признаками являются механические напряжения (поле давлений, дислокаций, деформаций), геофизические поля (упругие, электро-, магнитострикционные, импульсные, постоянные, электромагнитные), геохимическое влияние (привнос гидротермальными растворами полезных и вредных элементов, вторичные поля ореолов рассеянных элементов), газогидродинамика флюидов (обогащение токсичными газами, изменение минерализации, окислительно-восстановительные реакции с электрической составляющей), тепловые поля (диссипативные потери энергии землетрясений).

Длительное многофакторное воздействие на уровне динамических, физико-химических полей способствует значительному ослаблению межмолекулярных связей пород в приповерхностной зоне, выветривание и разрушение которой происходит ускоренно по мере обнажения пород.

Устойчивая пространственная приуроченность проявлений экзогенных геологических процессов к активным тектоническим структурам по данным многочисленных производственных наблюдений свидетельствует о ведущей роли глубинных геодинамических процессов в активизации экзогенных геологических процессов и многофакторном воздействии на геоэкологическое состояние окружающей среды.

Причинно-следственная зависимость проявлений экзогенных геодинамических процессов от интенсивности воздействия эндогенных геодинамических процессов может быть использована для решения следующих задач:

- прогнозирования сценариев развития опасных геологических процессов; корректировки мер обеспечения безопасности жизнедеятельности людей, объектов жизнеобеспечения и дорогостоящей инфраструктуры комплекса;
- прогнозирования изменений геоэкологических условий пребывания людей, существования микробиоценоза и фитоценоза в условиях равновесия темпов «роста гор» и их денудации;

- высокогорные биотопы, расположенные в пределах зон тектонических разломов, испытывают статически напряженное состояние среды, динамические воздействия эндогенного источника, влияние восходящих растворенных и летучих компонент различных химических элементов глубинного генезиса.

Влияние эндогенных геологических процессов на уровне биосферы проявляется в специфическом сочетании комплекса абиотических факторов (повышенный уровень электромагнитного, сейсмического, полей с широким спектром частот, радиационного фона и газогеохимического ореолов). Локально или масштабно, в короткие или продолжительные временные рамки тектоническая активность начинает влиять на формирование и распространение биологического разнообразия; однако многие детали того, как это происходит, еще предстоит тщательно проверить [Steven, Trewick, 2017].

Исследованный классификационный комплекс опасных эндогенных и экзогенных процессов определяет геоэкологическое состояние территории с точки зрения геоморфологических изменений и экологической эволюции как “опасный”. Развитие экзогенных процессов связано с уровнем активности эндогенного характера, определяющими факторами геоэкологического развития которого, являются горообразование, разломная тектоника, землетрясения и сейсмодислокации.

В процессе исследований были выделены 388 очагов лавинной опасности, 116 ледников и каменных глетчеров, 39 приледниковых озер, 183 селевых очага, 42 крупных оползня и другие типы опасных экзогенных геологических процессов, представляющих потенциальную опасность.

Установлено, что эндогенные процессы сопровождаются аномалиями длительных механических напряжений, электрических, магнитных, радиационных, акустических полей, различной частоты и амплитуды, ионизированных частиц, за период длительного геологического времени создающих особые биотопы.

Зоны активных разломов территории (Тибский, Цесский, Нарские, Адайком-Казбекский и др.) представляют собой ослабленные зоны из-за повышенной раздробленности, трещиноватости, флюидопроницаемости, разуплотнения горных пород за счет массопереноса движущимися водами, выщелачивания в пределах которых и их приконтактовых участках, активно развиваются процессы эрозионного разрушения. Трещины и особенно зоны повышенной их концентрации, как и разломы, снижают прочностные свойства и повышают проницаемость рассекаемых ими пород и по этой причине благоприятствуют развитию вдоль них целый генетический ряд экзогенных процессов.

Тектонический разлом связывает литосферу с атмосферой со всеми вытекающими последствиями транзита газов и растворенных элементов в восходящем и нисходящем режимах. В нисходящем потоке в литосферу поступает кислород за счет органических веществ биосферы. В восходящем потоке растворенные элементы и летучие компоненты вместе с ювенильными и мантийными водами перемещаются вверх за счет энергии конвективного течения мантийных струй.

#### **5.4 Выводы**

1. Геоэкологическое состояние территории до проектных решений организации туристско-рекреационного комплекса «Мамисон» определяется активностью естественных природных процессов, практически без влияния, каких-либо техногенных и антропогенных факторов.

2. Для каждого из 105 квадратов (2х2 кв. км) территории установлены характерные геодинамические процессы и дана оценка их уровню воздействия с учетом геологических, геоморфологических условий развития, по данным которых рассчитаны средние реальные уровни геоэкологической нагрузки в процентах по отношению к возможному потенциалу, группирующиеся в 4 таксона по уровням: низкий, 0,3-0,4, средний, 0,4-0,55, высокий, 0,55-0,7, и регрессивный, выше 0,7.

3. На основе полученных данных составлена карта - схема зонирования геоэкологической нагрузки территории туристско-рекреационного комплекса «Мамисон», включающая четыре достаточно обширные зоны с различными величинами геоэкологических нагрузок.



4. На основе анализа данных о четвертичных образованиях и количественных оценок их мощностей сделан вывод, что естественная среднестатистическая геоэкологическая эволюция протекает в режиме динамического равновесия двух факторов: прироста гор и равнозначной приросту денудации, из которой порядка 90% транспортируется и откладывается речными водами и ветрами за пределами территории. Оставшиеся 10% откладываются в межгорных впадинах и речных долинах на месте.

5. Влияние эндогенных геологических процессов на границе литосфера-атмосфера в зоне разлома проявляется в специфическом сочетании комплекса абиотических факторов (повышенный уровень электромагнитного, сейсмического полей с широким спектром частот, радиационного и газогидрогеохимического фона, действующих на биосистемы различных уровней).

6. Длительное в геологическом исчислении время комплексного воздействия на экосистему в зоне влияния активного тектонического нарушения механическими, геофизическими, геохимическими полями обуславливает особую среду обитания и эндемическую зависимость отдельных популяций и видов фито - и микробиоцинозов.

7. Устойчивая приуроченность проявлений опасных экзогенных геологических процессов к активным глубинным тектоническим нарушениям и связанным с ними трещинной тектонике постледникового проявления неотектонической активности подтверждает концепцию об определяющей роли эндогенных процессов в активизации экзогенных процессов и в интенсификации изменений геоэкологической среды.

8. Воздействия на горные породы факторов эндогенного характера (разрывы, трещиноватость, землетрясения, статические напряжения, сейсмодислокации, деформации) усиливаются за счет влияния изменений на вещественном, структурно-текстурном и молекулярном уровнях за счет физико-химических и геофизических агентов, сопутствующих эндогенные факторы, что приводит к ослаблению структурных связей породы и разрушению под влиянием атмосферных агентов.

9. Электротомографические наблюдения и сейсмопрофилирование удовлетворительно прослеживают под покровом четвертичных отложений тектонические нарушения трещинного типа, зоны нарушений, карстовые проявления, дифференцируют коренные породы, современную кору выветривания и чехол четвертичного покрова.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Причинно-следственная зависимость развития экзогенных геологических процессов и геоэкологических изменений от активности эндогенных процессов в работе является авторской концепцией и находит подтверждение в устойчиво выраженной пространственной связи эндогенных и экзогенных процессов.

2. Геодинамическая активность выражается дислоцированностью пород в зоне коллизии, дифференцированной геоморфологией, повышающей общую гравитационную энергию пород над базисом эрозии и скоростью прироста горообразования, которая нивелируется интенсивными денудационными процессами и развитием четвертичных отложений, являющихся основой опасных экзогенных геологических процессов, воздействующих на геоэкологическую среду.

3. Признаки-индикаторы механического, геохимического, геофизического, гидрогеологического характера, сопутствующие геодинамическим факторам, использованы в качестве методологической основы установления и локализации геодинамических факторов путем решения прямой или обратной задач.

4. Сели, одни из самых распространенных и опасных экзогенных геологических процессов, имеют циклический характер проявления. При этом цикл за период с 2004 по 2014 характеризуется линейностью зависимости объема, выносимого селями рыхлого материала, от их числа и продолжительности периода наблюдения, что может служить основой для среднесрочного прогнозирования событий в течение цикла.

5. Геофизические методы показали высокую эффективность при выделении региональных разломов, проявлений неотектонической активности, выраженных развитием трещинной тектоники, и зон сейсмодислокаций.

6. Впервые в пределах Складчато-глыбового поднятия и Осетинской равнины на основе комплекса инструментальных наблюдений доказано существование активного Ардонского разлома, как природного эндогенного фактора региональной сейсмической активности и интенсивных геоэкологических изменений.

7. Разработана методика оценки геоэкологического состояния объектов, подверженных экзогенным геологическим процессам, и подстилающих их коренных пород инструментальными наблюдениями за микросейсмическим режимом.

8. Установлены характерные геодинамические процессы и дана оценка их уровню воздействия с учетом геологических, литологических, эндогенных, экзогенных, геоморфологических условий и факторов природно-климатического характера развития, ранжированных по их максимальным расчетным воздействиям на геоэкологическую ситуацию, сумма которых представляет потенциал ожидаемой геоэкологической нагрузки на единицу площади.

9. Для Мамисонского узла алгоритмы взаимосвязей геодинамических процессов составлены в предположении одновременного многофакторного или однофакторного воздействия на геоэкологическую ситуацию

10. На основе полученных данных составлена карта - схема зонирования территории туристско-рекреационного комплекса «Мамисон», включающая четыре зоны с различными величинами геоэкологических нагрузок.

11. Геоэкологическое состояние территории до проектных решений организации туристско-рекреационного комплекса «Мамисон» определяется активностью естественных природных процессов, практически без влияния, каких-либо техногенных и антропогенных факторов.

12. Геодинамические и климатические факторы влияния на геосреду создают опасность чрезмерной геоэкологической нагрузки и нарушения ее равновесной эволюции при антропогенных воздействиях, что необходимо учитывать при проектировании.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Абалаков А.Д. Экологическая геология // Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2007. С.28-32.
2. Аверьянова В. Н., Баулин Ю. И., Кофф Г. Л., Лутиков А. И., Миндель И. Г., Несмеянов С. А., Севостьянов В. В. Комплексная оценка сейсмической опасности территории г. Грозного. М., 1996. 107 с.
3. Адамия Ш.А., Габуня Г.Л., Кутелия З.А., Хуцишвили О.Д., Цимакуридзе Г.К. Характерные черты тектоники Кавказа. Сб. “Геодинамика Кавказа”, М., “Недра”, 1989, С. 3-15.
4. Адцеев В.Г. К вопросу создания единой системы наблюдений за катастрофическими явлениями // Геология и геофизика Юга России. 2015. №4. С. 5-9.
5. Аплонов С. В. Геодинамика: СПб. Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2001. 352 с.
6. Астафьев Д.А. Группировки коромантийных плит в современной геодинамике Земли. Фундаментальные проблемы геотектоники. Материалы XL Тектонического совещания Межведомственного тектонического комитета РАН. М.: ГЕОС. 2007. С. 31-35.
7. Астафьев Д.А. Уточнение основных положений концепции геодинамики Земли //Материалы XLVIII Тектонического совещания. Тектоника, геодинамика и рудогенез складчатых поясов и платформ. 2 февраля-6 февраля 2016 г. М. ГЕОС. Т. 1. С. 30-34.
8. Баранов Г.И., Греков И.И. Геодинамическая модель Большого Кавказа (Сб. докладов на 2 семинаре по геодинамике Кавказа в Тбилиси, апр.1980). Наука, М., 1982, С. 51-59
9. Баранов Г.И. Новые данные по магматизму и метоморфизму пород Северного Кавказа. Сб. “Тезисы докладов VII краевой конференции по геологии и полезным ископаемым Северного Кавказа”. Ессентуки, 1991, С. 62-63.
10. Баранов Г.И. Геодинамическое развитие Большого Кавказа в палеозое. Основные проблемы геологического изучения и использования недр Северного Кавказа // Материалы VIII Юбилейной конференции по геологии и полезным ископаемым, Ессентуки, 1995, С. 54-56

11. Баркин Ю.В. Вековой дрейф центра масс Земли, обусловленный движением плит // Вестник МГУ. Сер. 3. Физика, астрономия. 1996. Т. 37, № 2. С.79-85.
12. Батугин А.С., Болотный Р.А. Управление геодинамическим риском как путь к повышению экологической безопасности в мегаполисе.// Горный информационно-аналитический бюллетень, №4, 2009. С.132-134.
13. Безверхний В.А. О 100 тысячелетней ритмичности в геодинамике и палеоклимате // Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН. 2019. №3. С.117-125.
14. Белоусов Т.П. Рачинское землетрясение 1991г и его проявление в рельефе Большого Кавказа. Из-во Светоч Плюс. 2009. 224 с.
15. Бергер М.Г. Ледник Колка: катастрофа 20 сентября 2002 года - внезапный газодинамический выброс ледника // М. Г. Бергер. – М. : URSS : Изд-во ЛКИ, 2007. - 246 с. - Библиогр.: С.232-246 (178 назв.). - ISBN 978-5-382-00328-3.
16. Богатиков О.А., Коваленко В.И., Добрецов Н.Л. Магматизм, метаморфизм и геодинамика: Эволюция, глобальная периодичность и катастрофические явления // Глобальные изменения природной среды - 2001. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «ГЕО», 2001. С. 56-75.
17. Богуш И.А., Газалиев И.М., Рябов Г.В., Черкашин В.И., Ураскулов М.Р. Горнорудные производства и экологические проблемы гидросферы горских республик Северного Кавказа. Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2018 Т. 3. № 3 (11) . С. 5-14.
18. Бондаренко Н.А., Любимова Т.В., Стогний В.В. Интегральная оценка потенциальных геологических рисков Краснодарского края // Материалы Международной конференции «ИнтерКарто. ИнтерГИС». М: МГУ, 2020. Т. 26. Ч. 2. С. 189–200. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-2-26-189-200. С. 11–17.
19. Буллен К. Е. Введение в теоретическую сейсмологию. М.: Мир, 1966. - 460 с.
20. Бурдзиева О.Г. Влияние горнодобывающей деятельности на загрязнение окружающей среды // Геология и геофизика Юга России.2014. № 2. С.8-13.
21. Бурдзиева О.Г., Чотчаев Х.О., Маммадли Т.Я. Модель поддерживаемого развития горных территорий Северного Кавказа // Устойчивое развитие горных территорий. Том: 8 № 4. 2016. С.348-358 DOI: 10.21177/1998-4502-2016-8-4-348-358.

22. Вагнер Н.М., Панасюк О.Ю. Рельеф земной поверхности. Формы рельефа, созданные эндогенными процессами: Учеб. пособие.- Мн.: БГПУ им. М. Танка, 2000. С. 9.
23. Варданянц Л.А. Материалы по неинтрузиям Горной Осетии. Горные массивы Тепли, Казбек и Адай-Хох // Изд-во АН СССР. Проблемы советской геологии, т. VII, № 5-6, М., 1937, 473с.
24. Вегенер А. Л. Происхождение континентов и океанов. (Die entstehung der kontinente und ozeane) Ленинград: Издательство «Наука», 1984. - Серия «Классики науки».
25. Вернадский В.И. Биосфера. М.: Мысль, 1967. С. 227.
26. Виноградов Ю.В. Искусственное воспроизведение селевых потоков на экспериментальном полигоне в бассейне р. Чемолган. // Селевые потоки. Сб.1. М., Гидрометеиздат, 1976, С.118–120.
27. Вобликов Б.Г., Мельников Е.А., Шаипов А.А. Об условиях формирования карбонатно-сульфатно-галогенных толщ верхней юры Терско-Каспийского прогиба // Сборник научных трудов СевКав. ТГУ. Серия «Естественно- научная» №2. 2006. С.172.
28. Вьюхина А.А., Омельченко Г.В., Шиманская Е.И., Чохели В.А., Вардуни Т.В. Применение методов биотестирования для индикации закономерностей варьирования фенотипических и цитогенетических изменений растений индикаторов в зависимости от степени тектонической нарушенности зоны произрастания // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2013. С.45-51.
29. Вьюхина А.А. Биологическое действие локальных геомагнитных полей в зоне тектонического разлома // Проблемы электромагнитной экологии в науке, технике и образовании: материалы VII Междунар. науч.-практ. семинар. Ульяновск, 2008. С. 63–70.
30. Гольцман Ф.М. Комплексирование наблюдений при распознавании геофизических объектов // Физика Земли.-М.: № 7. 1976. С. 40-54
31. Гольцман Ф.М. Информационная содержательность эксперимента и учет корреляции нечисловых признаков при распознавании геофизических объектов // Физика Земли.-М.: №10. 1980. С. 71-85
32. Горбатиков А.В., Степанова М.Ю., Цуканов А.А., Тинакин О.В., Комаров А.Ю., Одинцов С.Л. Новая технология микросейсмического зондирования в задачах

изучения глубинного строения месторождений нефти и газа // Нефтяное хозяйство. – 2010. – №6. – С. 15–17.

33. Горбатилов А.В. Цуканов А.А. Моделирование волн Рэлея вблизи рассеивающих скоростных неоднородностей. Использование возможностей метода микросейсмического зондирования // Физика Земли. 2011. № 4. С.96–112.

34. Деменецкая Р.М. Кора и мантия Земли. Недра, Москва, 1975. С. 94-104.

35. Донцов В.И., Цогоев В.Б. Водные ресурсы. Проект-Пресс, г. Владикавказ, 2001 г.

36. Заалишвили В.Б. Сейсмическая опасность и сейсмический риск территории. Управление сейсмическим риском (глава в монографии) // Природные и техногенные катастрофы. Проект – пресс, Владикавказ, 2005. С.20-48.

37. Заалишвили В.Б. Сейсмическое микрорайонирование территорий городов, населенных пунктов и больших строительных площадок – М.: - Наука, 2009. 350 с.

38. Заалишвили В.Б. Физические основы сейсмического микрорайонирования– М. ОИФЗ им. О.Ю. Шмидта РАН – М.: 2000, 367с.

39. Заалишвили В.Б., Гогмачадзе С.А., Отинашвили М.Г., Заалишвили З.В. Метод рейтинговой оценки территории для целей страхования // IV Российская национальная конференция по сейсмостойкому строительству и сейсмическому районированию с международным участием. 2001. Тезисы доклада. С. 166.

40. Заалишвили В.Б. Рейтинговая оценка урбанизированной территории для целей страхования // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. 2014. № 4. С. 29-36.

41. Заалишвили В.Б., Невская Н.И. Геоэкологические аспекты эволюции природных и урбанизированных систем в условиях высокой сейсмической опасности (на примере Центральной части Кавказа). ЦГИ ВНИЦ РАН, Владикавказ, 2014, 137 с.

42. Заалишвили В.Б., Невская Н.И., Невский Л.Н., Шемпелев А.Г. Особенности геофизических полей над вулканическими постройками Северного Кавказа // Вулканология и сейсмология. 2015. №5. С.50–56.

43. Заалишвили В.Б., Чотчаев Х.О. Шемпелев А.Г. Признаки геодинамической обстановки и элементов структурно-вещественных комплексов Центрального Кавказа на глубинном разрезе Геналдонского профиля // Геология и геофизика Юга России № 4. 2018. С.58-74. DOI: 10.23671/VNC.2018.4.20134.

44. Заалишвили В.Б., Чотчаев Х.О. Классификация естественных электромагнитных полей. Исследования методом Теллурических токов // Геология и геофизика Юга России. 2016. № 2. С.27-35

45. Заалишвили В.Б., Чотчаев Х.О. Комплексный анализ геологических данных и скоростной модели ММЗ на разрезах Центрального Кавказа // Геология и геофизика Юга России. 2016а. №4. С.52-67.

46. Заалишвили В.Б., Чотчаев Х.О. Использование скоростной модели ММЗ на разрезах Центрального Кавказа и анализ глубинных геологических данных. В книге: Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Коллективная монография по материалам VIII Всероссийской научно-технической конференции. – М.: 2018. С. 272-279.

47. Зоненшайн Л.П., Кузмин М.И., Л.М. Натапов "Тектоника литосферных плит территории СССР" в 2 кн. М.: Недра. 1990. Кн. 2. С. 168.

48. Кокс А., Харт Д. Тектоника плит. Пер. с англ. М.: Мир, 1989. 427с.

49. Короновский Н. В., Демина Л.И. Коллизионный позднекайнозойский вулканизм Большого Кавказа // Вулканизм и геодинамика. Т. 1. Мат-лы III Всеросс. симп. по вулканологии и палеовулканологии 5-8 сентября 2006 г. Улан-Удэ. Изд-во Бурятского научного центра СО РАН, г. Улан-Удэ. С.219-223.

50. Короновский Н.В., Демина Л.И. Коллизионный вулканизм Кавказского сектора Альпийского складчатого пояса // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія. 3 (66). 2014. С.13.

51. Короновский Н.В. Геодинамическая обстановка проявления кайнозойского вулканизма на Кавказе и в альпийском складчатом поясе // Сб. докладов 2 семинара по геодинамике Кавказа в Тбилиси, апр. 1980. М., Наука, 1982, С. 47.

52. Комжа А.Л., Заалишвили В.Б. Фитоиндикация последствий схода ледника Колка 20.09.2002 г. - инструмент долгосрочного прогнозирования гляциальных катастроф в долине р. Геналдон // Геофизические процессы и биосфера. 2014. Т. 13. № 1. С. 74-80.

53. Краснопевцева Г.В., Кузин А.М. Комплексная сейсмическая интерпретация данных ГСЗ (продольные волны) на примере профиля «Волгоград-Нахичевань» // Мат-лы Всеросс. совещ. 18-21 августа 2009г., Институт земной коры СО РАН (г. Иркутск), Изд-во ИЗК СОРАН, 2009. Т.1. С. 61-63.



54. Краснопевцева Г.В., Матушкин Б.А., Шевченко В.И. Новая интерпретация данных ГСЗ по профилю Степное-Бакуриане на Кавказе // Советская геология. 1970. № 8. С. 113–120.
55. Красный Л.И. Глобальная система геоблоков. М. Недра. 1984. 224с.
56. Крисюк И.М., Смирнова М.Н. Об Ардонском глубинном разломе // Тр. ГНИ, Вып.29, 1986, с.28-30.
57. Куреленко В.В., Хайкович И.М. Структура экологической геологии и ее взаимосвязь с естественными науками // Вестник СПбГУ. Сер.7.2012. вып.4 С. 65-78.
58. Кюль, Е.А. Корчагина, Д.Р. Джаппуев Пространственные закономерности образования опасных экзогенных процессов. Тематический том – Нальчик: Издательство КБНЦ РАН, 2019. С.14-17.
59. Леонов Ю.Г. Заалишвили В.Б. (ред.) Ледник Колка: вчера, сегодня, завтра. ФГБУН Центр геофизических исследований ВНЦ РАН и РСО-А, Владикавказ, 2014 , 432 с.
60. Лобковский Л.И., Котелкин В.Д. Двухъярусная термохимическая модель конвекции и ее геодинамические следствия // Проблемы глобальной геодинамики. М., 2000. С.29-30.
61. Любимова Т.В., Стогний В.В. Геоморфологические условия как факторы инженерно-геологического районирования территории // Геология, география и глобальная энергия. Издательский дом «Астраханский университет». – Астрахань, 2017. № 3 (66). – С. 246-254.
62. Любушин А.А. Микросейсмический шум в минутном диапазоне периодов: свойства и возможные прогностические признаки // Физика Земли. – 2008. – №4. – С. 17–34.
63. Мавлянова Н.Г. Особенности развития сейсмосинергетических процессов в лессовых грунтах // Геоэкол. Инж. геол. Гидрогеол. Геокриол. - 2002. - N 3. - С. 243-248: 4. - 9 . - ISSN 0869-7803.
64. Мазуров, Б.Т. Математическое моделирование при исследовании геодинамики. Монография. Новосибирск: Агентство «Сибпринт», 2019.– С.13.
65. Макеев В.М., Макарова Н.В., Бенедикт А.Л. и др. Неотектонические и современные дислокации равнинного Крыма в связи с поиском и разведкой пресных подземных вод // Геоэкология. 2018. № 5. С. 1-8.

66. Макеев В.М., Макарова Н.В., Суханова Т.В. Рассогласованность глубинных деформаций земной коры Восточно-Европейской платформы / Глубинное строение геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей. Десятые научные чтения памяти Ю.П. Булашевича. Екатеринбург, 2019а. С. 171-176.

67. Макеев В.М., Коробова И.В., Никитин С.Н. Неотектоника, геодинамика и сейсмичность в Катав-Саткинской зоне интерференции Центральной части Урала / Эколого-экономический баланс природопользования в горнопромышленных регионах. В. 21, Пермь, 2019б. С. 448-453.

68. Малышков Ю.П., Джумабаев К.Б. Прогнозирование землетрясений по параметрам естественного импульсного электромагнитного поля Земли // Вулканология и сейсмология. 1987. № 1. С. 97–103.

69. Матишов, Г.Г., Парада С.Г. Добыча сланцевого газа методом гидроразрыва пласта: современное состояние, риски и угрозы // Геология и геофизика Юга России, № 1, 2015. С.42-60.

70. Махов С.Ю. Безопасность в сфере рекреации и туризма. Организация безопасности активного туризма: учебно-методическое пособие для высшего профессионального образования // С.Ю. Махов. г. Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», 2012. С. 4-5.

71. Милановский Е.Е. Новейшая тектоника Кавказа. М.: Недра. 1968. 484 с.

72. Милановский Е.Е., Короновский Н.В. Орогенный вулканизм и тектоника альпийского пояса Евразии. М., Недра, 1973.

73. Минаев В.А., Фаддеев А.О. Оценка геозкологических рисков. Моделирование безопасности туристско-рекреационных территорий. М., Издательский дом «Инфра-М»2009, С. 2-16.

74. Морозова Л.И., Николаев А.В., Пулинец С.А. Облачные аномалии и землетрясения // Геология и геофизика Юга России. 2020. Том 10, №3 С.57-78. DOI 10.46698/VNC.2020.29.41.004.

75. Надежка Л.И., Орлов Р.А., Пивоваров С.П. и др. О связи параметров сейсмического шума с геологическими и геодинамическими особенностями Воронежского кристаллического массива // Вестн. Воронеж. ун-та. – Геология, 2003. – №2. – С. 179–185.

76. Несмеянов С.А. Количественная оценка новейших движений и неоструктурное районирование горной области. М.: Недра, 1971. С.133-135.
77. Несмеянов С.А. Неоструктурное районирование Северо-Западного Кавказа: (Опережающие исследования для инженерных изысканий). М.: Недра, 1992. С. 225-229.
78. Несмеянов С.А. Типы новейших шовных зон Большого Кавказа // Прикладная геология, чрезвычайные ситуации, земельный кадастр и мониторинг. М.:РЭФИА, 1997. Вып. 2. С. 26-29.
79. Несмеянов С.А. Инженерная геотектоника. М., Наука, 2004. С.13-15.
80. Несмеянов С.А., Боголюбова Н.П., Воейкова О.А., Миндель И.Г. Активные разрывы и разрывный крип на горной части трассы магистрального трубопровода "Голубой поток" // Геоэкология № 5. 2003. С. 387-404.
81. Николаев Н.И. Новейшая тектоника и геодинамика литосферы. – М.: Недра, 1988. – 491с.
82. Никонов А.А. Признаки молодой тектонической активности в зонах Южно-Азовского и Керченского разломов // Геотектоника. 1994. №5. С.16-27.
83. Осипов В.И. Геоэкология – междисциплинарная наука о экологических проблемах геосфер // Геоэкология. №1. 1993. М. ООО ИКЦ «АКАДЕМКНИГА»
84. Осипов В.И., Викторов А. С., Несмеянов С. А. Научно-технический отчет по теме: «Экспертная оценка результатов изысканий (в том числе архивных данных) для разработки проектов планировки территорий всесоюзных Туристско-рекреационных комплексов «Мамисон» и «Архыз», а так же анализ размещения участков застройки с точки зрения опасности геологических процессов по проекту: «Проект создания туристского кластера в Северо-Кавказском федеральном округе, Краснодарском крае и Республике Адыгея». Москва, 2012 г.
85. Павленкова Г.А. Строение земной коры Кавказа по профилям ГСЗ Степное–Бакуриани и Волгоград–Нахичивань (результаты переинтерпретации первичных данных) // Физика Земли. 2012. № 5. С.–25.
86. Павленкова Н. И. Сейсмические модели земной коры и верхней мантии и их геологическая интерпретация // Тектоника и геодинамика: Общие и региональные аспекты: (Материалы XXXI Тектонического совещания в 2-х томах. Т.2. ГЕОС, 1998. С. 72-75.

87. Панов В.Д. Ледники бассейна р. Терека. Гидрометеиздат. Ленинград, 1971. – 296 с. 83.
88. Панов В.Д. Эволюция современного оледенения Кавказа. Гидрометеиздат. Санкт Петербург, 1993. – 436 с. 84.
89. Панов В.Д., Боровик Э.С. Каталог ледников СССР. Том 8. Северный Кавказ. Часть 9. Бассейн р. Ардона. Гидрометеиздат. Ленинград, 1976. – 70 с.
90. Парначев В.П. Основы геодинамического анализа. Учебное пособие «М-Принт», г. Томск. 2001 С. 232-233.
91. Подозерский К.И. Ледники Кавказского хребта. Записки КО ИРГО, кн. XXIX, вып. III. Тифлис, 1911. – 200 с.
92. Посыльный Ю.В., Вяльцев А.В., Попов В.В., Ягодкин Ф.И. Применение функции Гаусса при аппроксимации кривых оседаний земной поверхности // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2017а. № 8 . С. 187-194.
93. Посыльный Ю.В., Вяльцев А.В., Калинин В.М., Богуш И.А. Экстрополяция оседаний земной поверхности в мульде сдвижения при отсутствии данных инструментальных измерений в граничной зоне // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2017б. № 8 . С. 204-211.
94. Пушаровский Д.Ю. Минеральные перестройки в глубинных геосферах // Вестн. МГУ. Сер. 4, Геология. 2004. №2. С. 3-10.
95. Растворова В.А «Формирование рельефа гор» Издательство «Наука» Ленинград. 1973. С. 78.
96. Рогожин Е. А., Хованский Б. Н. О прогнозе землетрясений на Кавказе // Вестник Российской Академии Наук, 1994, том 64, №9, с. 818 – 820.
97. Рогожин Е. А. Зоны ВОЗ и их характеристики для территории Республики Северная Осетия-Алания // Инновационные технологии для устойчивого развития горных территорий: Материалы VI международной конференции 28-30 мая 2007 г. Владикавказ: Терек. 2007.
98. Рогожин Е. А. Сейсмотектоника центрального сектора Большого Кавказа как основа для сейсмического мониторинга и оценки опасности // Вестник Владикавказского Научного Центра. 2009. Т. 9. № 4. С. 16-22.

99. Сашурин А.Д. Современная геодинамика и безопасность объектов в подземном пространстве. Геотехнологические проблемы комплексного освоения недр: сб. научных трудов. Вып. 5 (95) // ИГД УрО РАН. - Екатеринбург : УрО РАН, 2010. С.332-336.

100. Сорохтин О. Г., Ушаков С.А. Развитие Земли. М: Изд-во МГУ.2002.506 с.

101. Сорохтин О.Г., Ушаков С.А. Природа тектонической активности Земли // Итоги науки и техники. Сер. Физика Земли. М., 1993. Т. 12.

102. Спивак А.А., Кишкина С.Б. Исследование микросейсмического фона с целью определения активных тектонических структур и геодинамических характеристик среды // Физика Земли. – 2004. – №7. – С. 35–49.

103. Стогний Г.А., Стогний В.В. Сейсмичность Большого Кавказа с позиции блоковой делимости земной коры // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества (ЧЭС). 2017. № 2. С. 86–95.

104. Стогний В.В., Стогний Вас.В., Бочкарев Н.С., Фисенко А.В. Интерпретация материалов импульсной индуктивной электроразведки Унгринской площади Южной Якутии // Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей: Материалы 47-й сессии Международного научного семинара Д.Г. Успенского – В.Н. Страхова. Воронеж, 27-30 января 2020 г. Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная Книга», 2020. С.268–271.

105. Стогний В.В., Стогний Г.А., Волкова Т.А., Любимова Т.В. Геоэкологические риски Северо-Западного Кавказа и их оценка // Коллективная монография: Опасные природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии / Под ред. А.В. Николаева, В.Б. Заалишвили. Владикавказ: ГФИ ВНЦ РАН, 2019. С. 768–772.

106. Тавасиев Р.А. Ледники и каменные глетчеры восточного склона горного массива Саухох Главного Водораздельного хребта // Вестник Владикавказского научного центра. Т. 9, № 3. Владикавказ, 2009. – С. 34 – 40.

107. Тавасиев Р.А., Тебиева Д.И. Горные озера Северной Осетии и их влияние на устойчивое развитие горных территорий. // Материалы Международной научной конференции «Устойчивое развитие горных территорий в условиях глобальных изменений» [электронный ресурс]. – Владикавказ: Издательство «Терек» СКГМИ (ГТУ), 2010. – С.14.

108. Тавасиев Р.А. Каменные глетчеры Северной Осетии и их значение для устойчивого развития горных территорий. // Вестник Владикавказского научного центра. Т. 11, № 3. Владикавказ, 2011. С. 48 – 54.
109. Трифонов В.Г., Караханян А.С. Динамика Земли и развитие общества. ОГИ. Москва. 2008. С. 8-9.
110. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Экологическая геология М.: ЗАО "Геоинформмарк", 2002. С 376.
111. Тураббаев А., Мавлянова Н. Г. , Рахматуллаев Х. Л. Динамика развития оползней в зоне горных водохранилищ [Текст] // Многообразие современных геологических процессов и их инженерно-геологическая оценка. - М.: Геол. фак. МГУ, 2009. - С. 179-180.  
ISBN 978-5-211-05585-8.
112. Тушинский Г.К. Ледники, снжники ии лавны Советского Союза. Государственное издание географической литературы. Москва, 1963. – С. 89-91.
113. Ферхуген Дж., Тенер Ф., Вайс Л., Вархафтиг К., Файф У. Земля. Введение в общую геологию (в двух томах). М.: Мир, 1974. Т. 2. 847 с.
114. Фоменко Н.Е. Комплексирование геофизических методов при инженерно-экологических изысканиях. Учебник. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального унта, 2016. 291с.
115. Фоменко Н.Е., Попов В.В., Порфилкин Э.Г., Третьяк А.Я. Самопроизвольная поляризация в тектонически нарушенных пластах антрацита горных территорий (на примере Восточного Донбасса) // Устойчивое развитие горных территорий. 2017 Т. 9. № 3 (33) . С. 295-305.
116. Фоменко Н.Е., Молдаков В.В., Фоменко Л.Н. Геоэкологический контроль закрытых шахт в Восточном Донбассе геофизическими и атомогеохимическими методами // Труды РАНМИ. 2019. № 8-2 (23) . С. 47-62.
117. Хаин В. Е., Ломизе М. Г. Геотектоника с основами геодинамики: 2-е изд., испр. и доп. - М.: КДУ, 2005. С. 534.
118. Хаин В.Е. Основные этапы тектоно-магматического развития Кавказа: опыт геодинамической интерпретации // Геотектоника, № 1, 1975.
119. Хаин В.Е. Современная геодинамика: достижения и проблемы // Природа. 2002., №1 С. 52-54

120. Хаустов В. В. Роль глубинной геодинамики в формировании гидrolитосферы (на примере Каспийско-Кавказского Альпийско-Гималайского подвижного пояса) // Диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук – СП ГГУ. Санкт-Петербург. 2011.

121. Чотчаев Х.О., Заалишвили В.Б., Невский Л.Н., Шемпелев А.Г. Геоморфология как признак наследственности структурных особенностей земной коры // Геология и геофизика Юга России. 2016а. №1. С.141-158. DOI: 10.23671/VNC.2016.1.20720.

122. Чотчаев Х.О., Невская Н.И., Невский Л.Н. Генетические типы экзогенных геологических процессов, характерных для горных территорий Центрального Кавказа и состояние качества подземных пресных // Геология и геофизика Юга России. 2016б. №2. С. 97-116. DOI: 10.23671/VNC.2016.2.20811.

123. Чотчаев Х.О., Оганесян С.М., Гончаренко О.А. Опасные геологические процессы на территориях экономического освоения в горной части Республики Северная Осетия – Алания // Устойчивое развитие горных территорий. Том: 9 №: 3 (33). 2017. DOI: 10.21177/1998-4502-2017-9-3-195-210.

124. Чотчаев Х.О., Колесникова А.М., Майсурадзе М.В., Шепелев В.Д. Физические поля как производные деформации горного массива и технология их мониторинга // Геология и геофизика Юга России. 2018а. № 4. С. 179-190.

125. Чотчаев Х.О., Шемпелев А.Г., Трофименко С.Н., Забирченко Д.Н. Структурно-вещественные комплексы как индикаторы геодинамических обстановок на примере Восточной части Центрального Кавказа // Геология и геофизика Юга России. 2018б. №4 С. 191-209. DOI: 10.23671/VNC.2018.4.20162

126. Чотчаев Х.О., Мельков Д.А. Архиреева И.Г. Техногенное провоцирование оползневой активности // Труды института Дагестанского научного центра РАН Номер: 4 (79) Год: 2019а Страницы: 79-89. DOI: 10.33580/2541-9684-2019-63-4-79-89

127. Чотчаев Х.О., Колесникова А.М., Гогмачадзе С.А., Фидарова М.И. Сейсмическая обстановка на территории г. Алагир (Республика Северная Осетия-Алания) // Устойчивое развитие горных территорий. Год: 2019б Том:11 №: 4 (42). С. 505-518. DOI: 10.21177/1998-4502-2019-11-4-505-518.

128. Чотчаев Х.О., Бурдзиева О.Г., Заалишвили В.Б. Влияние геодинамических процессов на геоэкологическое состояние высокогорных территорий // Геология и геофизика Юга России. 2020. №4. С. 70-100.
129. Чотчаев Х.О., Бурдзиева О.Г., Заалишвили В.Б. Зонирование высокогорных территорий по геоэкологическим нагрузкам, обусловленным геодинамическими и климатическими воздействиями // Геология и геофизика Юга России. 2021а. №1 (11). С. 81-94. DOI: 10.46698/VNC.2021.15.66.007.
130. Чотчаев Х.О., Мельков Д.А., Ганапати Г.П. Активная динамика техногенного оползня на левом борту реки Ханикомдон (Северная Осетия) // Устойчивое развитие горных территорий. Том:13. No1, (47), 2021б. С. 66-76. DOI: 10.21177/1998-4502-2021-13-1-66-76.
131. Шеко А.И. Закономерности формирования и прогноз селей.-М.: Недра, 1980.- 296 с.
132. Шемпелев А.Г., Чотчаев Х.О., Кухмазов С.У. Данные глубинных геофизических исследований вдоль Чегемского профиля (Центральный блок, Большой Кавказ) // Геология и геофизика Юга России. 2017. №2 С.129-134. DOI: 10.23671/VNC.2017.2.9497.
133. Шемпелев А.Г., Заалишвили В.Б, Чотчаев Х.О., Шамановская С.П., Рогожин Е.А. Тектоническая раздробленность и геодинамический режим вулканов Эльбрус и Казбек (Центральный Кавказ, Россия): Результаты глубинных геофизических исследований // Геотектоника, 2020 №5 С.55-69.
134. Шемпелев А.Г. О глубинном выражении Главного Кавказского надвига. “Геотектоника”, Наука, М., 1978, № 6, с. 57-65.
135. Шемпелев А.Г. Результаты глубинных геофизических исследований вдоль Геналдонского профиля // Труды Международной научно-практической конференции. Владикавказ, 2007. С. 457-463.
136. Шемпелев А.Г., Кухмазов С.У., Чотчаев Х.О., Невский Л.Н. Структура Большого Кавказа – результат пологого надвига земной коры Скифской плиты на консолидированную кору микроплит южного Кавказа // Геология и геофизика юга России. Владикавказ, 2015, № 4. С. 129–145.



137. Юдин В.В. О понятиях геодинамика и экогеодинамика. Журнал // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2005. Т.1, вып.1. КНЦ НАНУ, ТНУ. Симферополь. С. 21-24.
138. Юров Ю.Г. Строение земной коры на Кавказе и изостазия // Советская геология. 1963. № 9. С. 42–47.
139. Юсубов Н.П. О связях очагов промежуточных и мелкофокусных землетрясений с тектоническими разломами по данным сейсморазведки методом общей глубинной точки // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2017. – Т.16, №4. С.304–312. DOI: 10.15593/2224-9923/2017.4.1.
140. Яроцкий Г.П., Чотчаев Х.О. Тектоническая предопределенность Хаилинского землетрясения на Юго-Западе Корякского нагорья // Геология и геофизика Юга России. 2016. №4. С. 129-140.
141. Яроцкий Г.П., Чотчаев Х.О. Вулканогены окраинных орогенных поясов Северо-Западного сектора Северо-Восточной Азии // Геология и геофизика Юга России. 2019. Т.9. №3. С. 18-35.
142. Allen C.R. Geological criteria for evaluating seismicity. *Bul. Geol. Soc. Amer.* 1975/ Vol.86, N8. pp.1041-1057.
143. Badro J., Fiquet G., Guyot F., Rueff J.-P. Iron partitioning in the Earth's mantle: Toward a deep lower mantle discontinuity. *Science*. 2003. У. 300, М 5620. . pp. 789-791.
144. Beetham, R.D., McSaveney, M.J., Read, S.A.L., 2002. Four extremely large landslides in New Zealand. In: Rybar, J., Stemberk, J., Wagner, P. (Eds.), 1st European Conference on Landslides. Swets & Zeitlinger, Prague, pp. 97–102.
145. Beniston M. 2005. The risks associated with climatic change in mountain regions. In: Huber UM, Bugmann HKM, Reasoner MA, editors. *Global Change in Mountain Regions. An Overview of Current Knowledge*. Dordrecht, the Netherlands: Springer, pp. 511–519.
146. Berger W.H., Milankovitch theory – hits and misses. *Scripps Institution of Oceanography Technical Report*. Scripps Inst. Oceanogr. UC. San Diego. Ca. 2012. 36 p.
147. Boyet M, Blichert-Toft J., Rosing M, Storey M, Telouk P., Albarede F.  $^{142}\text{Nd}$  evidence for early Earth differentiation. *Earth and Planet. Sci. Lett*. 2003. У. 214. . pp.427-442.

148. Bull, W.B. (1991), 'Geomorphic responses to climatic change', Oxford University Press, New York. p.326.
149. Bull, W.B., McFadden, L. (1977), 'Tectonic geomorphology North and South of the Garlock fault, California. In: Doehring, D.O. (Ed.), Geomorphology in Arid Regions', Publ. in Geomorphology, State University of New York, Binghamton. pp.115–138.
150. Burbank, D.W., Anderson, R.S. (2001), 'Tectonic Geomorphology', Blackwell Science 43. pp.105–129.
151. Bury JT, Mark BG, McKenzie JM, French A, Baraer M, Huh KI, Luyo MA, López RJ. 2011. Glacier recession and human vulnerability in the Yanamarey watershed of the Cordillera Blanca, Peru. *Climatic Change* 105(1–2):179–206.
152. Cascini L. (2005). Risk assessment of fast landslide – From theory to practice. In: *Fast slope movements. Prediction and prevention for risk mitigation*. Napoli 11-13 maggio 2003, Bologna Pàtron Editore Vol.2, Pag.33-52 ISBN:8855528335.
153. Chang Li and Robert D. van der Hilst, E. Robert Engdahl, Scott Burdick. A new global model for Pwave speed variations in Earth's mantle. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. 22 May 2008. V. 9, № 5. Q05018, doi:10.1029/2007GC001806, ISSN: 1525-2027, *An Electronic Journal of the Earth Sciences*, pp. 1-8.
154. Chevallier P, Pouyaud B, Suarez W, Condom T. 2011. Climate change threats to environment in the tropical Andes: Glaciers and water resources. *Regional Environmental Change* 11(1). pp. 179–187.
155. David C. Rubie, Rob D. van der Hilst. Processes and consequences of deep subduction: introduction. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 127 (2001) pp. 1-7.
156. Duvillard P-A, L. Ravanel et Ph. Deline. Risk assessment of infrastructure destabilisation due to global warming in the high French Alps. *Journal of Alpine Research | Revue de géographie alpine*. 103-2 (2015). pp. 1-15.
157. Espiner S, Becken S. 2014. Tourist towns on the edge: Conceptualising vulnerability and resilience in a protected area tourism system. *Journal of Sustainable Tourism* 22(4). pp. 646–665.
158. Evans S.G., Bishop N.F., Smoll L.F., Murillo P.V., Delaney K.B., Oliver-Smith A. A re-examination of the mechanism and human impact of catastrophic mass flows originating on Nevado Huascarán, Cordillera Blanca, Peru in 1962 and 1970 // *Engineering Geology*. 2009. V. 108. № 1–2. pp. 96–118.

159. Flavio C.T. Lima and Alexandre C. Ribeiros. Continental Scale Tectonic Controls of Biogeography and Ecology. Historical biogeography of Neotropical freshwater fishes. 2011.p.164.
160. Folguera, A., Ramos, V.A., Hermanns, R.L., Naranjo, J.A., 2004. Neotectonics in the foothills of the southernmost central Andes (37–38S): evidence of strike–slip displacement along the AtinirCopahue fault zone. *Tectonics* 23. doi:10.1029/2003TC001533.
161. Frost DJ, Lebske C, Langenhorst F., McCarron CA., Tronnes R.G., Rubie DC Experimental evidence for the existence of iron-rich metal in the Earth's lower mantle // *Nature*. 2004. V. 428. pp. 409-412.
162. Gerya, T.V., Stern R.J., Baes, M., Sobolev S.V. & S. A. Whattam. Plate tectonics on the Earth triggered by plume-induced subduction initiation. *Nature*, 2015 volume 527, pp. 221–225.
163. Giorgobiani T., Basheleishvili L., Zakaraia D. The Northwest Drift of the Gondwanian Lithospheric Plates and Geodynamics of the Formation of the Caucasian Orogen. // *Journal of African Earth Sciences*. – 1998. – No. 27. 1A. – pp. 88-89.
164. Guzzetti, F., Carrara, A., Cardinali, M., & Reichenbach, P. (1999). Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. *Geomorphology*, 31(1-4), 181-216; 1787, 2014.
165. Huggel C, Clague JJ, Korup O. 2012. Is climate change responsible for changing landslide activity in high mountains? *Earth Surface Processes and Landforms* 37(1). pp. 77–91.
166. Huggel C., Caplan-Auerbach J., Gruber S., Molnia B., Wessels R. The 2005 Mt. Steller, Alaska, rock-ice avalanche: A large slope failures in cold permafrost / *Proceedings of the Ninth International Conference on Permafrost*, 29 June - 3 July 2008a, Fairbanks, AK. 2008. pp. 747–752.
167. Huggel C., Ceballos J.L., Ramírez J., Pulgarín B., Thouret J.C. Review and reassessment of hazards owing to volcano-ice interactions in Colombia // *Annals of Glaciology*. 2007. V. 45. pp. 128–136.
168. Huggel C., Haeberli W., Käab, A. Glacial hazards: perceiving and responding to threats in four World regions. *The Darkening Peaks: Glacial retreat in scientific and social context*. Ed. by B. Orlove, B. Luckman, E. Wiegandt. Berkeley, London: University of California Press, 2008. pp. 68–80.

169. Khyisa Chotchaev, Vladislav Zaalishvili and Boris Dzeranov. Natural endogenous factors of geocological transformation of the mountain part of North Ossetia. 07025 E3S Web of Conferences Volume 164 (2020) Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering (TPACEE 2019). DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016407025>.

170. Ivan Callegari, Andreas Scharf, Frank Mattern, Wilfried Bauer, Andre Jorge Pinto, Heninjara Rarivoarison, Katharina Scharf, Mohammed Al Kindi. Journal of Asian Earth Sciences. Volume 187, January 2020, 104070.

171. James S. Gardner, Eric Saczuk. Systems for hazards identification in high mountain areas: An example from the Kullu District, western Himalaya. Journal of Mountain Science volume 1, Article number: 115 (2004).

172. Jeffreys H. The Earth its origin, history and physical constitution. Cambridge at the university press. 1959 . p. 354.

173. Kaab A., Huggel C., Fischer L., Guex S., Paul F., Roer I., Salzmann N., Schlaefli S., Schmutz K., Schneider D., Strozzi T., Weidmann Y. Remote sensing of glacier- and permafrost-related hazards in high mountains: An overview // Natural Hazards and Earth System Sciences. 2005. V. 5. pp. 527–554.

174. Käab A, Reynolds JM, Haeberli W. 2005. Glacier and permafrost hazards in high mountains. In: Huber UM, Bugmann HKM, Reasoner MA, editors. Global Change in Mountain Regions: An Overview of Current Knowledge. Dordrecht, the Netherlands: Springer, pp. 225–234.

175. Katharina Ktern, Gerhard Karl Lieb , Gernot Seier, Andreas Kellerer-Pirklbauer. Modelling geomorphological hazards to assess the vulnerability of alpine infrastructure: The example of the Großglockner-Pasterze area, Austria. Austrian Journal of Earth Sciences Volume 105/2 Vienna. 2012.

176. Keller, E.A. Pinter, N. (2002), 'Active Tectonics: Earthquakes, Uplift, and Landscape, Prentice Hall, New York. p. 432.

177. Langridge, R.M., & Beban, J.G. (2011). Planning for a safer Franz Josef-Waiiau community, Westland District: Considering rupture of the Alpine Fault (Report No. 2011/217 61). Wellington: GNS Science Consultancy.

178. Lipovsky P.S., Evans S.G., Clague J.J., Hopkinson C., Couture R., Bobrowsky P., Ekström G., Demuth M.N., Delaney K.B., Roberts N.J., Clarke G., Schaeffer A. The July

2007 rock and ice avalanches at Mount Steele, St. Elias Mountains, Yukon, Canada // *Landslides*. 2008. V. 5. pp. 445–455. — DOI:10.1007/s10346-008-0133-4.

179. Luthé, T., Wyss, R., & Schuckert, M. (2012). Network governance and regional resilience to climate change: Empirical evidence from mountain tourism communities in the Swiss Gotthard region. *Regional Environmental Change*, 12(4), pp. 839–854.

180. McCool, A.F., Nkhata, B., Breen, C., & Freimund, W.A. A heuristic framework for reflecting on protected areas and their stewardship in the 21st century. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 2013. 1 (2), pp. 9–17.

181. Michael Heads. The New Zealand grass *Simplicia*: biogeography, ecology and tectonics. *Australian Systematic Botany*, 2018, 31, pp. 281–295.

182. Muir Wood R. Tectonic ecology. *Trends Ecol Evol*. 1987; 2(9):276-279. doi:10.1016/0169-5347(87)90036-X.

183. Newsome, D., Moore, S.A., & Dowling, R.K. (2013). *Natural area tourism: Ecology, impacts and management* (2nd ed.). Bristol: Channel View Publications.

184. Norris R.D. Seismicity of rockfalls and avalanches at three Cascade Range volcanoes: implications for seismic detection of hazardous mass movements // *Int. J. Rock Mech. and Mining Sci. and Geomech. Abstr.* 1995, 32. № 6. - pp. 253.

185. Oliver Korupa,\*, John J. Clague, Reginald L. Hermann, Kenneth Hewitt, Alexander L. Strome, Johannes T. Weidinger. Giant landslides, topography, and erosion. *Earth and Planetary Science Letters* 261 (2007) pp. 578–58.

186. Orchiston, C. (2012). Seismic risk scenario planning and sustainable tourism management: Christchurch and the Alpine Fault zone, South Island, New Zealand. *Journal of Sustainable Tourism*, 20(1), pp. 59–79.

187. Orchiston, C. Vargo, J., & Seville, E. (2012). Outcomes of the Canterbury earthquake sequence for tourism businesses (Report No. 2012/09). Christchurch: Resilient Organisations Research.

188. Persaud, M., Pfiffner, O.A., 2004. Active deformation in the eastern Swiss Alps: post-glacial faults, seismicity and surface uplift. *Tectonophysics* 385, pp. 59–84.

189. Peters, G., Van Balen, R.T. (2007), ‘Tectonic geomorphology of the northern Upper Rhine Graben, Germany’, *Glob. Planet. Chang.* 58. pp. 310–334.

190. Robinson, T.R., & Davies, T.R.H. (2013). Review article: Potential geomorphic consequences of a future great (Mw  $\frac{1}{4}$  8.0b) Alpine Fault earthquake, South Island, New Zealand. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13, pp. 2279–2299.
191. Uraskulov M.R., Bogush I.A., Cherkashin V.I., Gazaliev I.M., Yusupov A.R. Geocological problems of zones of ore mining technogenesis in the North Caucasus. *Arid Ecosystems*. 2018 T. 8. № 1. pp. 47-52.
192. Sharp M. Surging glaciers: geomorphic effects // *Prog. Phys. Geogr.* 1988. Vol. 12 (4). pp. 533–539.
193. Shempelev A.G., Zaalishvil V.B., Kukhmazov S.U. Deep structure of the western part of the Central Caucasus from geophysical data. *Geotectonics*. 2017. T. 51. № 5. pp. 479-488.
194. Steven A Trewick. Plate Tectonics in Biogeography. The International Encyclopedia of Geography. Edited by Douglas Richardson, Noel Castree, Michael F. Goodchild, Audrey Kobayashi, Weidong Liu, and Richard A. Marston. © 2017 John Wiley & Sons, Ltd. Published 2017 by John Wiley & Sons, Ltd. DOI: 10.1002/9781118786352.wbieg0638.
195. Trofimov V.T. Ecological functions of abiotic earth's spheres. *Moscow University Geology Bulletin, издательство Allerton Press Inc. (United States)*, 2005. том 60, № 2, pp. 64-72.
196. Trofimov V.T., Kurilenko V.V. Ecological functions of the abiotic spheres of the Earth: The content and significance for the formation of a new theoretical basis of geocology. 2015. *Moscow University Geology Bulletin, издательство Allerton Press Inc. (United States)*, том 70, № 3, pp. 270-279.
197. Veblen T.T, ME González, GH Stewart, T Kitzberger & J Brunet: Tectonic ecology of the temperate forests of South America and New Zealand, *New Zealand Journal of Botany* 54(2): pp. 1-24 · June 2016. DOI: 10.1080/0028825X.2015.1130726
198. Yuen D.A., Maruyama Sh., Karato Sh-i., Windley B.F. *Superplumes: Beyond Plate Tectonics/ Eds. The Netherland: Springer. 2007. 569 p.*
199. Yumao Pang, Xingwei Guo, Xunhua Zhang, Xiaoqing Zhu, Fanghui Hou, Zhenhe Wen, Zuozhen Han. Late Mesozoic and Cenozoic tectono-thermal history and geodynamic implications of the Great Xing'an Range, NE China, *Journal of Asian Earth Sciences*. Volume 189, March 2020, 104155.

200. Xiaocheng Zhou, Zhi Chen & Yueju Cui Environmental impact of CO<sub>2</sub>, Rn, Hg degassing from the rupture zones produced by Wenchuan M<sub>s</sub> 8.0 earthquake in western Sichuan, China. *Environmental Geochemistry and Health* volume 38, pp. 1067–1082(2016).

201. Vladislav Zaalishvili, Khisa Chotchaev, Dmitry Melkov, Olga Burdzieva, Boris Dzeranov, Dmitry Melkov, Olga Burdzieva, Boris Dzeranov, Aleksandr Kanukov, Inga Archireeva, Akhsarbek Gabaraev and Laura Dzobelova. Geodetic, geophysical and geographical methods in landslide investigation: Luar casestudy. 01014. *E3S Web of Conferences* Volume 164 *Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering (TPACEE 2019)*. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016401014>.

202. Zaalishvili V.B., Melkov D.A. Reconstructing the Kolka surge on September 20, 2002 from the instrumental seismic data // *Izvestiya. Physics of the Solid Earth*. 2014. T. 50. № 5. pp. 707-718.

203. Zaalishvili V.B., Gogmachadze S.A. *Geomorfological Aspects of Earthquake Intensity Effect in Highlands*. Kluwer academic Publishers. - Dordrecht/Boston/London, 2000, pp. 137-144.

204. Zaalishvili V.B. Usage of advanced technologies in the problems of engineering seismology. *Proceedings of the First Workshop of seismologists of the BSEC Member States*. May 17-18, Russia. - Krasnodar, 2000, pp. 90-96.

**ПРИЛОЖЕНИЯ**



## Приложение А

(обязательное)

Таблица А.1 – Прикладные и научные исследования по защищаемой научной теме, выполненные соискателем в ГФИ ВНИЦ РАН в 2006-2020 годы (отв. исполнитель)

№ п/п	Договор	Заказчик	Тема	Срок выполнения
1	Договор 19\06-06/СК от 19.06.2006г.	ФГУП НИЦ. "Строительство"	Работы по обследованию 2-х 9-ти этажных жилых домов на участке № 2 по ул. Жуковского в г. Грозный для оценки состояния грунтовых оснований.	
2	Договор б/№ от 06.10.2006.	ООО ГП "Севкавгеопроект"	Волновое прозвучивание аппаратурой Георадар-32 десяти сечений трассы газопровода Дзаурикау-Цхинвал в интервале пикетов 869-1010" на участке Зарамаг- перевал Кударский	
3	Договор №1 от 01.06.2007г.	ЮНЦ РАН	Анализ трансформации геозкологической обстановки под влиянием геологических и геотехногенных процессов в Садовском геолого-промышленном районе	
4	Договор (№1 от 20.02.2008г.)	ООО НПП «Инфотера»	Проведение опытных, научно-исследовательских и инженерно-геофизических изысканий проявлений обвально-осыпных процессов и развития	2008г

			карстов в тоннели по автодороге Чикола – Мацута (Ирафский район РСО-А)	
5	Дополнительное соглашение к Договору (№1 от 20.02.2008г.) от 6 марта 2008г.	ООО НПП «Инфотера»	Проведение опытных, научно-исследовательских и инженерно-геофизических изысканий на обвалы и развитие карстов по автодороге Чикола – Мацута (Ирафский район РСО-А)	
6	Договор (№2 от 28.03.2008г.) подряда на опытные, научно-исследовательские и инженерно-геофизические изыскания по площадке Фаснал (Ирафский район РСО-А)	ООО НПП «Инфотера»	Проведение опытных, научно-исследовательских и инженерно-геофизических изысканий на участке Фаснал (Ирафский район РСО-А) под строительство малых ГЭС	
7	Договор подряда №01/10 от 26 сентября 2008г. на опытные и научно-исследовательские инженерно-геофизические изыскания по оценке перспектив промышленного освоения месторождения песчано-	ЗАО «Объединенное монтажспецстрой»	Выполнение опытных и научно-исследовательских инженерно-геофизических изысканий на месторождении песчано-гравийных грунтов с целью оценки пространственных параметров месторождения и определения уровня обводненности и экологической безопасности разработки.	

	гравийного сырья в долине р.Баксан в районе г. Тырнауз, КБР.			
8	Договор подряда №2/10 от 14 октября 2008г. на геофизические исследования методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) для решения проблем питьевого водоснабжения создаваемого горно-рекреационного комплекса «Мамисон» в Алагирском районе РСО-А	ООО Производственн о-коммерческое предприятие «Промбурвод»	Выполнение геофизических исследований методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) для определения мощностей аллювиальных отложений и степени их обводненности для обоснования заложения буровых скважин водообеспечения питьевой водой туристических деревень	
9	Договор №2/09 от 28 июля 2009г.	ОАО "Севосгеологора звезда"	Геофизические исследования методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) для оценки состояния участков трассы к проекту "Капмтальный ремонт дороги Алагир (автомобильная дорога "Кавказ")- Нижний Зарамаг до границы с республикой Грузия. мероприятия по	2009г.

			защите от камнепада км:63+050, 63+900, 71+000 в Республике Северная Осетия-Алания"	
10	Договор № 01/09 от 19.01.2009г.	ООО "Стиль"	Инженерно-геофизические исследования на площади застройки комплекса «Кавказский музыкально-культурный центр им. В.Гергиева» с целью уточнения грунтовых условий и установления сейсмичности территории.	2009г.
11	Договор ГК б/н от 27.07.2009г.	Министерство архитектуры и строительной политики РСО-Алания (лот 3)	Обследование и паспортизация территорий, разработка стратегии реализации дополнительных мероприятий по повышению защищенности объектов массовой застройки	2009г.
12	Договор ГК б/н от 27.07.2009г.	Министерство архитектуры и строительной политики РСО-Алания (лот 5)	Работы по обслуживанию, расширению и обработке данных сейсмических наблюдений за опасными геологическими процессами на территории РСО-Алания "Кармадонский параметрический полигон"	2009г.
13	Договор ГК б/н от 27.07.2009г.	Министерство архитектуры и строительной политики РСО-Алания (лот 7)	Работы по созданию и обеспечению информационной базы данных с уточнением исходной сейсмичности и сейсмического риска в	2009г.

			информационной системе градостроительной деятельности	
14	Договор №9 от 30 августа 2010г. на выполнение инженерно-геофизических изысканий, по проектной документации «Комплексная реконструкция ПС 110 кВ северный портал»	ООО "ГеоКад-Юг"	Инженерно-геофизические изыскания по объекту: "Комплексная реконструкция ПС 110кВ Северный Портал" Рокского тоннеля	
15	Договор «148/10 от 6 сентября 2010г.	ГАУ Ростовской области "Региональный институт территориально-градостроительного проектирования"	Выполнение раздела генерального плана городского округа "Город Владикавказ": "Оценка воздействия на окружающую среду"	2010г.
16	Контракт на выполнение работ от 11 ноября 2010г.	Управление по строительству АМС г.Владикавказ	Исследование грунтов по улице Кутузова, 69а г.Владикавказ	2010г
	Договор 2010/12/2-Ч от 23.12.2010г.	ООО ПКП "Промбурвод"	Геофизические исследования разреза грунтов участка долины р. Терек с целью определения места и глубины заложения дрены для обеспечения водой водоемов водной станции г.	

			Владикавказа	
17	Договор 1/01/2011-ч от 25.01.2011г.	ООО ПКП "Промбурвод"	Геофизические исследования разреза грунтов участка долины р. Геналдон с целью определения места и глубины заложения дрены в зоне подрусловых вод для самотечного водоснабжения г. Владикавказа	2011г.
18	Договор 2/02/2011-ч от 15.02.2011г.	ООО "РОСПРОЕКТ"	Геофизические исследования на береговых площадках для реконструкции автодороги Гуфта-Квайса в Республике Южная Осетия	2011г.
19	Договор 2/01/2011-ч от 27.01.2011г.	ООО "Красноярскметрострой"	Геофизические исследования на объектах: "Автомобильная дорога Алагир (автомобильная дорога "Кавказ") - Нижний Зарамаг до границы с Республикой Грузия, тоннель на км. 86+300, Республика Северная Осетия-Алания"; "Реконструкция автомобильной дороги Алагир (автомобильная дорога "Кавказ") - Нижний Зарамаг до границы с Республикой Грузия, тоннель на км. 93+300 в Республике Северная Осетия-Алания"	2011г.
20	Договор 3/03/2011-ч от 29.03.2011г.	ОАО "Электроцинк"	Сейсмическое микрорайонирование площадок проектируемых	2011г.

			объектов "Электроцинк" ОАО	
21	№ 04/2012 от 23.02.2012г.	НП "ЭЦ РОПР"	Сейсмическое микрорайонирование площадки проектируемой Чири-Юртской ГЭС, Чеченская Республика	
22	Договор № 10 от 30.12.2013г.	Государственное Казенное учреждение "Главное строительное управление Республики Северная Осетия-Алания"	Геофизические работы по объекту "Строительство Кавказского музыкально- культурного центра, г. Владикавказ"	
23	№ 2015.09-2с от 25.09.2015г.	Открытое акционерное общество «Минскметропр оект»	Геофизические исследования на участке реконструкции Федеральной автодороги «Кавказ» в интервале ПК3+20-ПК6+90	
24	МК№ 03103000262150002 49-0184467-01(ФЗ- 44) от 16.11.2015г.	Муниципальный контракт на выполнение работ. Комитет жилищно- коммунального хозяйства и энергетики администрации местного самоуправления г. Владикавказа.	Выполнение комплекса работ по определению соответствия сейсмических свойств грунтов оснований зданий жилого фонда старой застройки г. Владикавказа исходному уровню их сейсмостойкости	
25	МК № 17 от	Муниципальный	Выполнение комплекса	

	16.11.2015г.	контракт на выполнение работ. Комитет жилищно-коммунального хозяйства и энергетики администрации местного самоуправления г. Владикавказа.	работ по определению соответствия сейсмических свойств грунтов оснований зданий жилого фонда старой застройки г. Владикавказа исходному уровню их сейсмостойкости	
26	№ 1-2015 от 09.02.2015г.	ООО «Строительно-монтажное предприятие ТУР».	Проведение геофизических работ (ВЭЗ) на площадке заложения гидрогеологических скважин для водоснабжения жилого дома погранзаставы (пос. Бурон)	
27	Дог. подряда №27 от 21.05.2015г.	ООО «Перспектива».	Проведение геофизических исследований для определения морфологии, состава и мощности разреза делювиально-пролювиальных отложений и рельефа погребной кровли коры выветривания на участке автомобильной дороги Транскам	
28	Рег. № НИОКР 01201354739 Рег. № ИКРБС	Программа ФНИ Президиума РАН.	«Модель взаимодействия природных и технических систем в районах интенсивного и масштабного комплексного освоения недр. Геофизические системы	2016-2018г



			контроля состояния техногенно изменяемого массива горных пород и объектов подземного пространства мегаполисов»	
29	Рег. № НИОКР 01201354740 Рег. № ИКРБС	Программа ФНИ Президиума РАН.	«Модели глубинного строения земной коры в районе Центральной части Большого Кавказа и прилегающей территории»	2016-2020г
30	Договор №04/07-2018 от 06.07.2018г.	Открытое Акционерное Общество " "Электроцинк "	Исследование упругих свойств грунтовых оснований площадки строительства объекта «Храма во имя благословенного Князя Александра Невского в г. Владикавказе РСО-Алания» для оценки сейсмических воздействий и разработка синтетической трехкомпонентной акселерограммы в условиях классифицированных зон возникновения очагов землетрясений	
31	Договор №05/07-2018 от 16.07.2018г.	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Северо-	Проведение исследований ультразвуковым и ударно-импульсным методами физико-механических свойств фундамента административного корпуса (ректората) Федерального государственного	

		Осетинский государственный университет имени Коста Левановича Хетагурова"	образовательного учреждения образования "Северо- Осетинский государственный университет имени Коста Левановича Хетагурова" (СОГУ)	
32	Договор №1/04- 2019 от 25.04.2019г.	ООО "Промжилстрой" РСО-АЛАНИЯ"	«Проведение комплекса геофизических исследований для определения состава, пространственных и физико- механических параметров грунтов для расчета приращения сейсмической интенсивности в пределах строительной площадки площадью застройки 0,15х 0,15 км <sup>2</sup> на Северо-Западной окраине г. Владикавказа, РСО-А»	
33	Соглашение по гранту РНФ №19-47-2010	РНФ	Природные опасности и мониторинг горных территорий России и Индии	2019- 2021г
34	Договор №01/12- 2019 от 04 ноября 2019	ООО "ИнжСтройКонт роль" РСО-А	На проведение геофизических исследований для определения состояния и динамики оползневого массива в верховьях хвостохранилища Фиагдонского рудника	2019г
35	Договор №01/02- 2020 от 19 февраля 2020г	ООО "Кавпроект" РСО-А	На проведение комплекса геофизических исследований для определения	2020г

			сейсмических свойств грунтов территории стадиона “Спартак” в г.Владикавказе	
--	--	--	---	--

**Приложение Б**  
(рекомендуемое)

**Распоряжение Правительства РФ от 17.12.2012 N 2408-р** «Об утверждении государственной программы Российской Федерации» «Развитие Северо-Кавказского федерального округа на период до 2025 года». Подпрограмма 3. «Развитие туристического кластера в Северокавказском федеральном округе, Краснодарском крае и Республике адыгея» государственной программы». Основное мероприятия по пункту 3.2. подпрограммы 3 "Создание всесезонного туристско-рекреационного комплекса "Мамисон" на территориях Алагирского и Ирафского районов Республики Северная Осетия-Алания».

**Постановление Правительства РФ от 14 октября 2010 г. № 833** "О создании туристического кластера в Северо-Кавказском федеральном округе, Краснодарском крае и Республике Адыгея"

В целях создания туристического кластера в Северо-Кавказском федеральном округе, Краснодарском крае и Республике Адыгея Правительство Российской Федерации постановляет:

1. В соответствии с Федеральным законом "Об особых экономических зонах в Российской Федерации" создать без проведения конкурса по отбору заявок:

а) туристско-рекреационную особую экономическую зону на территории Зеленчукского района Карачаево-Черкесской Республики на земельных участках, определяемых соглашением о создании туристско-рекреационной особой экономической зоны;

б) туристско-рекреационную особую экономическую зону на территории Апшеронского района Краснодарского края на земельных участках, определяемых соглашением о создании туристско-рекреационной особой экономической зоны;

в) туристско-рекреационную особую экономическую зону на территории Майкопского района Республики Адыгея на земельных участках, определяемых соглашением о создании туристско-рекреационной особой экономической зоны;

г) туристско-рекреационную особую экономическую зону на территории Черекского, Чегемского, Эльбрусского районов Кабардино-Балкарской Республики на земельных участках, определяемых соглашением о создании туристско-рекреационной особой экономической зоны;

д) туристско-рекреационную особую экономическую зону на территории Алагирского и Ирафского районов Республики Северная Осетия - Алания на земельных участках, определяемых соглашением о создании туристско-рекреационной особой экономической зоны;

е) туристско-рекреационную особую экономическую зону на территории Хунзахского района Республики Дагестан на земельных участках, определяемых соглашением о создании туристско-рекреационной особой экономической зоны.

2. Министерству экономического развития Российской Федерации заключить от имени Правительства Российской Федерации с высшими исполнительными органами государственной власти субъектов Российской Федерации и исполнительно-распорядительными органами муниципальных образований, указанных в пункте 1 настоящего постановления, соглашения о создании туристско-рекреационных особых экономических зон.

3. Министерству экономического развития Российской Федерации и Министерству финансов Российской Федерации предусматривать при формировании федерального бюджета на 2011 год и последующие годы по виду расходов "Внос Российской Федерации в уставный капитал открытого акционерного общества "Особые экономические зоны" целевой статьи "Внос Российской Федерации в уставные капиталы" подраздела "Другие вопросы в области национальной экономики" раздела "Национальная экономика" классификации расходов бюджетов бюджетные ассигнования в размере до 60000 млн. рублей на финансовое обеспечение расходных обязательств, связанных с созданием туристско-рекреационных особых экономических зон, определенных настоящим постановлением.

4. Министерству экономического развития Российской Федерации, осуществляющему от имени Российской Федерации права акционера открытого акционерного общества "Особые экономические зоны", представить в Правительство Российской Федерации в декабре 2010 г. предложения по учреждению на основе принципов государственно-частного партнерства открытым акционерным обществом "Особые экономические зоны", государственной корпорацией "Банк развития и внешнеэкономической деятельности (Внешэкономбанк)" и Акционерным коммерческим Сберегательным банком Российской Федерации (открытым акционерным обществом) открытого акционерного общества "Курорты Северного Кавказа", предусмотрев передачу функций исполнительного органа открытого акционерного общества "Курорты Северного Кавказа" управляющей компании, отобранной на конкурсной основе.

5. Рекомендовать высшим исполнительным органам государственной власти субъектов Российской Федерации и исполнительно-распорядительным органам муниципальных образований, указанных в пункте 1 настоящего постановления, при разработке, корректировке и утверждении схем территориального планирования учитывать создание особых экономических зон туристско-рекреационного типа, определенных настоящим постановлением.

Председатель Правительства  
Российской Федерации

В. Путин

В пункте 3.2 Подпрограммы 3 "Создание всесезонного туристско-рекреационного комплекса "Мамисон" на территориях Алагирского и Ирафского районов Республики Северная Осетия-Алания приведенного Распоряжения указано:

Основное мероприятие 3.2. Создание всесезонного туристско-рекреационного комплекса Мамисон на территориях Алагирского и Ирафского районов Республики Северная Осетия – Алания.

Реализация основного мероприятия по созданию всесезонного туристско-рекреационного комплекса "Мамисон" на территориях Алагирского и Ирафского районов Республики Северная Осетия - Алания направлена на создание и развитие горноклиматического курорта на территории 84 тыс. га.

Задачами этого основного мероприятия являются:

- строительство и ввод в эксплуатацию 36 125 мест/коек в коллективных средствах размещения различной категории;
- обустройство горнолыжных склонов площадью 19 462 тыс. кв. м;
- строительство и ввод в эксплуатацию подъемников с общей пропускной способностью до 189,6 тыс. человек в час;
- строительство необходимой туристической инфраструктуры курорта: ресторанов, магазинов, развлекательных центров и других объектов общей площадью 91,6 тыс. кв. м;
- строительство внутренней инженерной и транспортной инфраструктуры курорта.

Строительство курорта планируется осуществить в четыре очереди.

Первая очередь предусматривает строительство и ввод в эксплуатацию 9 594 мест/коек в коллективных средствах размещения различной категории, обустройство 3 497 тыс. кв. м горнолыжных склонов, строительство и ввод в эксплуатацию подъемников с пропускной способностью 24 тыс. человек в час.

Необходимые инвестиции в основной капитал объектов, расположенных на территории курорта, - 45 135 900,6 тыс. рублей.

В 2016 году, после ввода в эксплуатацию первой очереди курорта, количество рабочих мест, созданных резидентами ОЭЗ (особой экономической зоны) на территории курорта (накопленным итогом), составит 3 612 мест, число ночевок в коллективных средствах размещения на территории курорта за год - 1 766 615.

Вторая очередь предусматривает строительство и ввод в эксплуатацию 9 887 мест/коек в коллективных средствах размещения различной категории, обустройство 4 549 тыс. кв. м горнолыжных склонов, строительство и ввод в эксплуатацию подъемников с пропускной способностью 60,2 тыс. человек в час.

Необходимые инвестиции в основной капитал объектов, расположенных на территории курорта, - 53 174 662,4 тыс. рублей. В 2020 году, после ввода в эксплуатацию второй очереди курорта, количество рабочих мест, созданных резидентами ОЭЗ на территории курорта (накопленным итогом), составит 9 444 места, число ночевок в коллективных средствах размещения на территории курорта за год - 3 585 656.

Третья очередь предусматривает строительство и ввод в эксплуатацию 8 322 мест/коек в коллективных средствах размещения различной категории, обустройство 5 023 тыс. кв.

м горнолыжных склонов, строительство и ввод в эксплуатацию подъемников с пропускной способностью 44,8 тыс. человек в час.

Необходимые инвестиции в основной капитал объектов, расположенных на территории курорта, составляют 45 884 036,9 тыс. рублей.

В 2023 году, после ввода в эксплуатацию третьей очереди курорта, количество рабочих мест, созданных резидентами ОЭЗ на территории курорта (накопленным итогом), составит 12 729 мест, число ночевок в коллективных средствах размещения на территории курорта за год - 5 116 715.

Четвертая очередь предусматривает строительство и ввод в эксплуатацию 8 322 мест/коек в коллективных средствах размещения различной категории, 6 393 тыс. кв. м горнолыжных склонов, строительство и ввод в эксплуатацию подъемников с пропускной способностью 60,6 тыс. человек в час.

Необходимые инвестиции в основной капитал объектов, расположенных на территории курорта, составляет 88 717 324,8 тыс. рублей.

В 2025 году, после ввода в эксплуатацию четвертой очереди курорта, количество рабочих мест, созданных резидентами ОЭЗ на территории курорта (накопленным итогом), составит 13078 мест, среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников, занятых на территории курорта, составит 39,5 тыс. рублей, число ночевок в коллективных средствах размещения на территории курорта за год - 6 647 774.

В 2016 году, после ввода в эксплуатацию первой очереди курорта, количество рабочих мест, созданных резидентами ОЭЗ на территории курорта (накопленным итогом), составит 3 612 мест, число ночевок в коллективных средствах размещения на территории курорта за год - 1 766 615.

Вторая очередь предусматривает строительство и ввод в эксплуатацию 9 887 мест/коек в коллективных средствах размещения различной категории, обустройство 4 549 тыс. кв. м горнолыжных склонов, строительство и ввод в эксплуатацию подъемников с пропускной способностью 60,2 тыс. человек в час.

Необходимые инвестиции в основной капитал объектов, расположенных на территории курорта, - 53 174 662,4 тыс. рублей. В 2020 году, после ввода в эксплуатацию второй очереди курорта, количество рабочих мест, созданных резидентами ОЭЗ на территории курорта (накопленным итогом), составит 9 444 места, число ночевок в коллективных средствах размещения на территории курорта за год - 3 585 656.

Третья очередь предусматривает строительство и ввод в эксплуатацию 8 322 мест/коек в коллективных средствах размещения различной категории, обустройство 5 023 тыс. кв. м горнолыжных склонов, строительство и ввод в эксплуатацию подъемников с пропускной способностью 44,8 тыс. человек в час.

Необходимые инвестиции в основной капитал объектов, расположенных на территории курорта, составляют 45 884 036,9 тыс. рублей.

В 2023 году, после ввода в эксплуатацию третьей очереди курорта, количество рабочих мест, созданных резидентами ОЭЗ на территории курорта (накопленным итогом),

составит 12 729 мест, число ночевок в коллективных средствах размещения на территории курорта за год - 5 116 715.

Четвертая очередь предусматривает строительство и ввод в эксплуатацию 8 322 мест/коек в коллективных средствах размещения различной категории, 6 393 тыс. кв. м горнолыжных склонов, строительство и ввод в эксплуатацию подъемников с пропускной способностью 60,6 тыс. человек в час.

Необходимые инвестиции в основной капитал объектов, расположенных на территории курорта, составляет 88 717 324,8 тыс. рублей.

В 2025 году, после ввода в эксплуатацию четвертой очереди курорта, количество рабочих мест, созданных резидентами ОЭЗ на территории курорта (накопленным итогом), составит 13078 мест, среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников, занятых на территории курорта, составит 39,5 тыс. рублей, число ночевок в коллективных средствах размещения на территории курорта за год - 6 647 774.



**Приложение В.**

(обязательное)

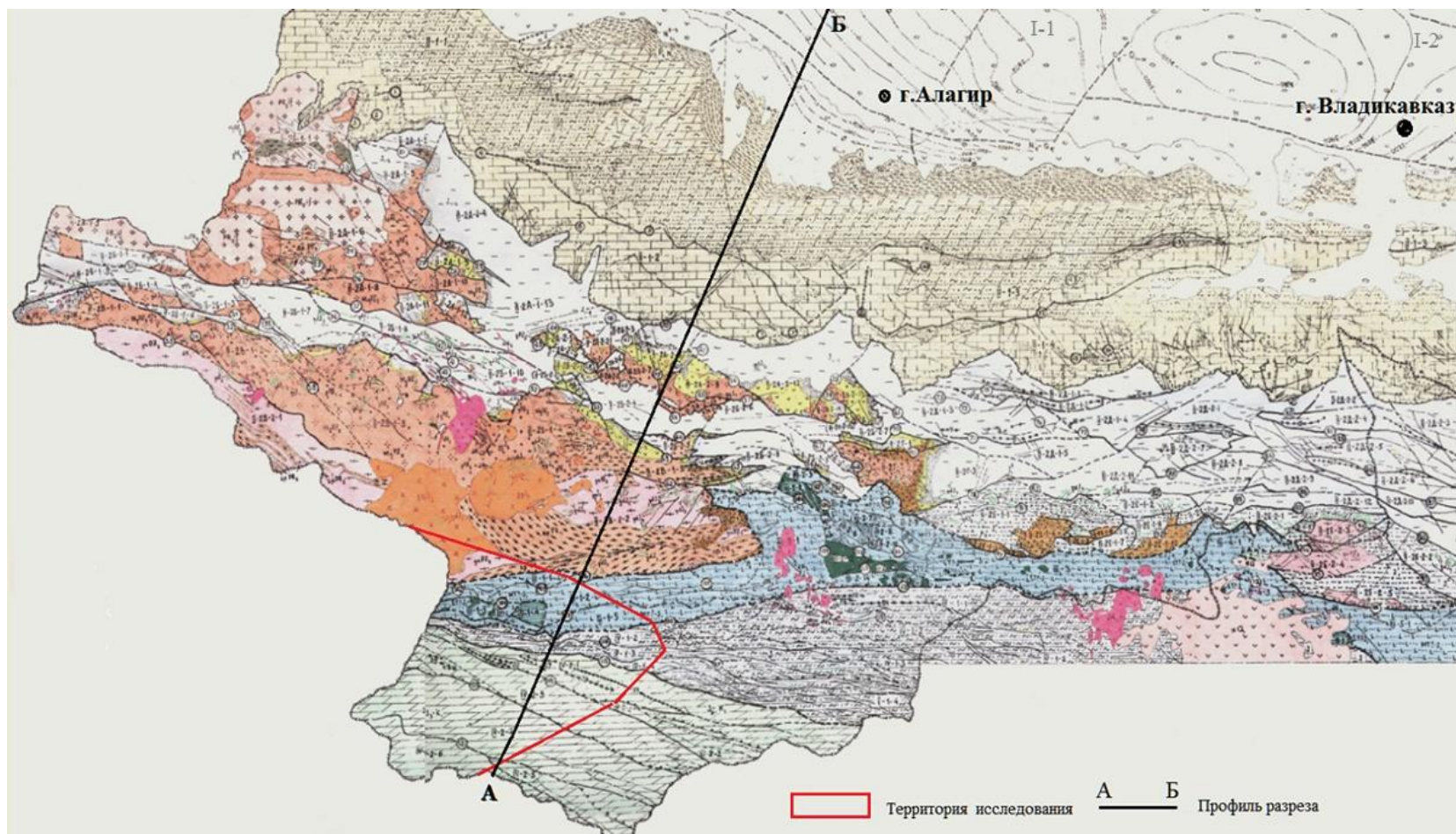
**В.1. Структурно-тектоническая карта горной части Республики Северная Осетия- Алания**

Рисунок В.1. – Структурно-тектоническая карта горной части Республики Северная Осетия- Алания

(Ольховский Г.П., Тибилов С.М., 1998г.)

## В.2. Условные обозначения к структурно-тектонической карте горной части

### Республики Северная Осетия- Алания

1		17		33	
2		18		34	
3		19		35	
4		20		36	
5		21		37	
6		22		38	
7		23		39	
8		24		40	
9		25		41	
10		26		42	
11		27		43	
12		28		44	
13		29		45	
14		30			
15		31			
16		32			

**Верхняя глинисто-песчано-галечниковая моласса.** 1 – аллювиально-флювиогляциальная; 2 – псевдовулканогенная, континентальная; 3 – субконтинентальная; 4 – нижняя глинисто-песчаниковая моласса; 5 – глинистая формация; 6 – карбонатная; 7 – песчано-глинисто-карбонатная; 8 – карбонатный флиш; 9 – известняковый; 10 – глинистых сланцев; 11 – морская терригенная: а) - субформация песчаников, б)-субформация песчано-глинистых сланцев; 12 – аспидная; 13 – метапесчаников, кварцитов, узловатых и аспидных сланцев; 14 – песчано-глинистая флишоидная; 15 – микситы сложного строения по терригенным и магматическим формам; 16 – карбонатная мраморизованная; 17 – туффито-песчаная; 18 – сероцветная моласса.

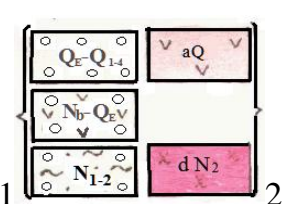
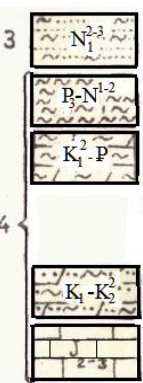
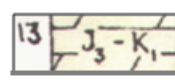
**Супраструктура:** 19- салическая метаморфическая; 20-фемическая метаморфическая; 21- ультраметаморфическая инфраструктура.

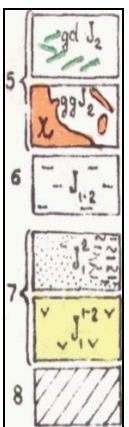
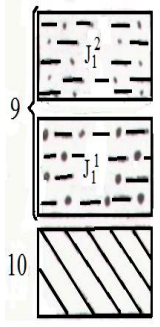
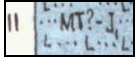
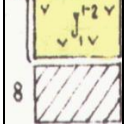

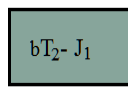
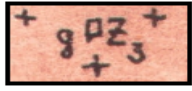
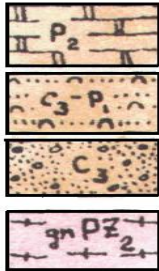
**Магматические формации:** 22-андезитовая вулканогенная; 23-диоритовая; 24-габбро-диабазовая дайковая; 25-габбро-диорит-гранодиоритовый ряд формаций; 26-андезито-дацитовая туфо-лавовая вулканогенная; 27- ряд гипабиссальных силлово-дайковых базитовых формаций; 28- гранитовая; 29- мигматит гранитовая; 30- гранито-гнейсовая; 31- диорит-гранодиоритовая; 32- метадиорит-гранодиоритовая.

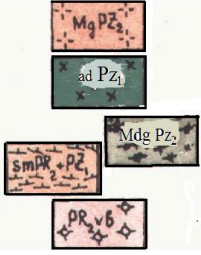
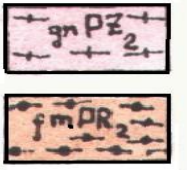
**Границы структурных зон:** 33- тектонические: а-достоверные, б-предполагаемые; 34- стратиграфические.

**Разломы: а-достоверные, б-предполагаемые:** 35-надвиг; 36- взброс; 37- взбросо-сдвиг; 38- сброс; 39- неопределенные; 40- антиклиналь; 41- синклиналь; 42- границы формаций; 43- изогипсы кровли чокракского региона и их абсолютные отметки; 44- аномалии, связанные карбонатными массивами в межсолевых и подсоевых отложениях верхней юры; 45- административные границы.

Таблица В.1. – Структурно-вещественные комплексы и геодинамические обстановки

э	ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ ЭТАП		ХАРАКТЕРИСТИКА СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ И СВОЙСТВЕННЫХ ИМ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ОБСТАНОВОК
Коллизионная эпоха	Позднесарматско-четвертичный этап деструкции и перемещений блоков	Активизация продвижения Аравийского выступа вглубь Евразии. Вспышка вулканизма. Столкновение Аравийского выступа с Аджаро-Триалетской дугой	Образование хребтов и межгорных впадин Владикавказская и Тарская котловины  
	Этап снижения тектонической активности		Зона Северной моноклинали  
	Поднятия, вызванные (?) столкновением в Закавказье Нахичеванского блока с малокавказской дугой		Чиаурский синклинарий  
	Эпиконтинентальное море		

	<p>Киммерийский этап столкновения южного микроконтинента с активной континентальной Скифской плитой</p>	<p>Структурная пере-стройка магматической деятельности Образование зоны субдукции южнее примкнувшего микроконтинента и формирование Малокавказской дуги Закрытие океанического (?) бассейна</p>	<p>Фрагменты шолей активной континентальной окраины</p> 	<p>Фрагменты эпиконтинентального морского бассейна</p> 	<p>Фрагменты об-разований океаниче-ского бассейна</p> 	<p>Фраг-менты южного мик-роконт инента</p>
	<p>Ранний среднеюрский этап субдукции и форми-рование ак-</p>	<p>Расслоение активной континентальной на шолы. Известково-щелочный вулканизм</p>				
<p>Байкало-Герцинская эпоха формирования кон-</p>	<p>Триас-среднеюрский этап раскрытия океанического бассейна и связанного со очредингом базальтоидного вулканизма</p>				<p>12</p> 	
	<p>Верхнепалеозойский этап внедрения гранитоидов и консолидации подвижных зон</p>		<p>Фрагменты морских бассейнов и вулканиче-ских дуг. Зона Главного хребта</p> <p>Макерская подзона</p> 		<p>Кассарская подзона</p> 	

	Верхнепротерозойский этап магматизации и ранне-среднепалеозойские этапы гранитизации		
--	---	--	---

## СТРУКТУРО-ВЕЩЕСТВЕННЫЕ КОМПЛЕКСЫ

1. Молассы выполнения впадин.
2. Магматические комплексы, связанные с активизацией конвергенции континентальных плит.
3. Моласса выполнения остаточного морского бассейна.
4. Комплексы пострифтовой обстановки (затухание термической активности мантийного диапира).
5. Магматические комплексы бадского предрифтового этапа (кратковременная активизация мантийного диапира).
6. Комплексы законтинентального морского бассейна.
7. Комплексы активной континентальной окраины.
8. Комплексы фундамента (макерская подзона).
9. Комплексы неовулканической континентальной окраины.
10. Комплексы фундамента (кассарская подзона).
11. Меланжевые комплексы (коллизия континентальных плит).
12. Вулканы рифтового этапа (океанические базальты).
13. Комплексы эпиконтинентального морского бассейна.

## РАЗРЫВНЫЕ НАРУШЕНИЯ

1. Кушеский
2. Сехаладонский
3. Мулдзуги-Бардзондский
4. Васскесские
5. Саговдонский
6. Балцау-Баканский
7. Шачидонские
8. Бизский
9. Северный Карцинский
10. Южный Карцинский
11. Амусадонский
12. Моравхох-Хосевдрагский
13. Батайрагский
14. Чернореченский
15. Тбаухохский
16. Кахтисарские
17. Диджаукомский
18. Арчхинский
19. Гайкомский
20. Скалистого хребта
21. Каридонский
22. Гибинондонский
23. Тоторс-Махческий
24. Здиадаг-Каматидонский
25. Дашихохский
26. Суридон-Хунсарский
27. Галаусдонский
28. Фаснальский
29. Орихохский
30. Каронакский
31. Харесский
32. Афсанаусский
33. Лабода-Караугомский
34. Танадонский
35. Гавизетский
36. Дзинаганский
37. Северо-Штулинский
38. Гударотинский
39. Саударгинский
40. Кайсарский
41. Кафантинский
42. Галатикомский
43. Лахуранхохский
44. Гаударский
45. Кайджин-Барзондский
46. Меридианальный
47. «Западный»
48. Галонский
49. 4-ый Западный
50. Западный шов
51. Восточный шов
52. Донисарский
53. Урсдонский
54. Турбинный
55. Мизурский
56. Диагональный
57. Цусский
58. Цамадский
59. Цагатдонский
60. Сланцевый
61. Дагомский
62. Цейдонский
63. Малый Бадский
64. Нузальский

## РАЗРЫВНЫЕ НАРУШЕНИЯ

- |  |                         |
|--|-------------------------|
| 65. Большой Бадский                                      | 93. Алхойчоч-Кистинский |
| 66. Кайдонский   | 94. Дарьяльский         |
| 67. Шаумагарх Западный                                   | 95. Амалийский          |
| 68. Шаумагарх Восточный                                  | 96. «Главный надвиг»    |
| 69. Цазиудонский   | 97. Колотинский         |
| 70. Фальгурибарзондский                                  | 98. Хилагский           |
| 71. Ахсаудонский   | 99. Сырхубарзондский    |
| 72. Главная Кадат-Хампаладаг-<br>Цмити-Авсандурская зона | 100. Чачский            |
| 73. Сев. Кадат- Хампаладагская зона                      | 101. Гвилетский         |
| 74. Даллагкау-Даргавский                                 | 102. Зарамагский        |
| 75. Дзуарикауский  | 103. Армагский          |
| 76. Ханикомская рудная зона                              | 104. Лагаткомский       |
| 77. Какадур-Цагатламардонская зона                       | 105. Центральный        |
| 78. Джимара-Годтанадагский                               | 106. Архонский          |
| 79. Санибанская зона разломов                            | 107. Комлагатский       |
| 80. Саргомский   | 108. Шаланский          |
| 81. Армхинский   | 109. Каскадный          |
| 82. Цариит-Цатадонский                                   | 110. Арсикомский        |
| 83. Тменикаууский  | 111. Ихтарабынский      |
| 84. Тагаурский   | 112. Девдоракский       |
| 85. Часский  | 113. Адайком-Казбекский |
| 86. Нижнеларский   | 114. Цесский            |
| 87. Сбенский   | 115. Заккахохский       |
| 88. Рагский  | 116. Северный Нарский   |
| 89. Кауридонский   | 117. Южный Нарский      |
| 90. Белореченский  | 118. Тибский            |
| 91. Чежфандаг-Скаронский                                 | 119. Халацинский        |
| 92. Верхне-Кармадонски                                   | 120. Згильский          |
|  | 121. Саухохский         |

## ТЕКТОНИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ

I Терско-Каспийский краевой (передовой) прогиб. I-1 Владикавказская котловина  
I-2 Тарская котловина

II Северо-Кавказский краевой прогиб. II-1 Северная моноклираль. Блоки: II-1-1 Предгорный, II-1-2 Сагаз-Нацраудонский, II-1-3 Карца-Балтинский, II-1-4 Кариухох-Матламский. Останцы покрова: а-Кариухохский, б-Коскахохский, в-Чижитхохский, г-Куарджинский, д-Хиахский, е-Дихдуский, ж-Матланский.

II-2 Центральный Кавказ. II-2А Балкаро-Дигорское поднятие.

II-2А-1 Дигорский горст. Блоки: II-2А-1-1 Тоторз-Вазахохский, II-2А-1-2 Донифарский, II-2А-1-3 Кумбультинско-Мацутинский, II-2А-1-4 Задалеск-Мастинокский, II-2А-1-5 Нахаштибинский, II-2А-1-6 Дигорский, II-2А-1-8 Суридонский, II-2А-1-9 Сонгути-Цебойтадонский, II-2А-1-10 Фаснальский, II-2А-1-11 Казатхохский, II-2А-1-12 Допогонидлиссский, II-2А-1-13- Галиатский сегмент Сонгутидонского поперчного прогиба.

II-2А-2 Садоно-Унальский горст. Блоки: II-2А-2-1 Гаудорские пластины, II-2А-2-2 Фасниджанадонская пластина, II-2А-2-3 Згидский тектонический клин (микросфенохазм), II-2А-2-4 Лахуранхохский аллохтон, II-2А-2-5 Нижнезгидская пластина, II-2А-2-6 Верхнезгидская пластина, II-2А-2-7 Куройтинский блок, II-2А-2-8 Садонский тектонический клин (микросфенохазм), II-2А-2-9 Ногкау-Мизурский блок, II-2А-2-10 Турбинная пластина, II-2А-2-11 Каринский блок, II-2А-2-12 Луарский тектонический клин (микросфенохазм), II-2А-2-13 Майрамдон-Восточно-Джимидонский, II-2А-2-14 Хостинский, II-2А-2-15 Западно-Джимидонский.

II-2Б Штулу-Харесская грабен-синклираль.

II-2Б-1 Урухский грабен. Блоки: II-2Б-1-1 Барихохский, II-2Б-1-2 Каронкакский, II-2Б-1-3 Штулинский, II-2Б-1-4 Харесский, II-2Б-1-5 Буравидонский, II-2Б-1-6 Спросдон-Гебидонский, II-2Б-1-7 Ногкаууский, II-2Б-1-8 Гуларский, II-2Б-1-9 Саударгинский, II-2Б-1-10 Сайсарский сегмент сонгутидонского поперчного прогиба.

II-2Б-2 Ардонский грабен. Блоки: II-2Б-2-1 Кайджинбарзондский, II-2Б-2-2 – Астафкахохский, II-2Б-2-3 Галаудурский, II-2Б-2-4 Цахтыкомдонский аллохтон, II-2Б-2-5 Нузальские, II-2Б-2-6 Дейкаууский аллохтон, II-2Б-2-7 Гурон-Харисчинский шов, II-2Б-2-8 Баддон-Архондонские, II-2Б-2-9 Кайдонская наклонная плита, II-2Б-2-10 Шаумагарские.



II-2В Таймази-Лабагомское (Центральное) поднятие.

II-2В-1 Танадон-Буронская (макерская подзона). Блоки: II-2В-1-1 Танадонский, II-2В-1-2 Рудный, II-2В-1-3 Хуппаринский, II-2В-1-4 Саухохский, II-2В-1-5 Буронский.

II-2В-2 Лабода-Цмиакомская (кассарская) подзона. Блоки: II-2В-2-1 Водораздельный, II-2В-2-2 Лагау-Цмиакомский.

II-2Г Фиагдонская антиклиналь. Блоки: II-2Г-1 Уллаг-Машигский, II-2Г-2 Бакастинский, II-2Г-3 Царинтджинский.

II-2Д Зона киммерийской складчатости.

II-2Д-1 Дагом-Даргавская подзона. Блоки: II-2Д-1-1 Дзивгис-Кахтисарский, II-2Д-1-2 Барзикаусский грабен, II-2Д-1-3 Хидикусский, II-2Д-1-4 Ламардонский, II-2Д-1-5 Устьцатадонский.

II-2Д-2 Цатадон-Армхинская подзона. Блоки: II-2Д-2-1 Фардонский, II-2Д-2-2 Чилинский, II-2Д-2-3 Арзинский, II-2Д-2-4 Суаргом-Армхинский, II-2Д-2-5 Часский, II-2Д-2-6 Нижнеларский, II-2Д-2-7 Кармадонский, II-2Д-2-8 Кауридонский, II-2Д-2-9 Тагаурский, II-2Д-2-10 Пригребневый, II-2Д-2-11 Южная синклиналь, II-2Д-2-12 Буферная «зона»

II-2Е Шауходарьяльское поднятие.

II-2Е-1 Шаухохский массив. Блоки: II-2Е-1-1 Милахский, II-2Е-1-2 Дзариу-Геналдонский, II-2Е-1-3 Сырхыбардзонский, II-2Е-1-4 Гизельдонская антиклиналь, II-2Е-1-5 Ларцикомский, II-2Е-1-6 Цатадонский, II-2Е-1-7 Шаухохский, II-2Е-1-8 Верхнекармадонский, II-2Е-1-9 Дзуарагский, II-2Е-1-10 Калгацитинский.

II-2Е-2 Дарьяльский массив. Блоки: II-2Е-2-1 Верхнеларский, II-2Е-2-2 Малчечхорский, II-2Е-2-3 Северный Дарьяльский, II-2Е-2-4 Южный Дарьяльский, II-2Е-2-5 Свилетско-Кистинский.

III Мамисон-Казбекский реликтовый рубец.

III-1 Бубудон-Льядонский меланж. Блоки. III-1-1 III-1-1 Арнагский, III-1-1 Адайкомский, III-1-3 Мамисонский, III-1-4 Каурдонхохский, III-1-5 Зарамаг-Нарский.

III-2 Колотинский покров. Блоки: III-2-1 Теплинский, III-2-2 Комлагатский, III-2-3 Дцахрагский, III-2-4 Цазиуцитинский, III-2-5 Ледниковый, III-2-6 Архонхохский, III-2-7 Рианхохский, III-2-8 Андиатикауский, III-2-9 Гутиатикаусский, III-2-10 Дуар-Кохский, III-2-11 Ихтарабынский, III-2-12 Хардотчинский, III-2-13 Бугульгинский, III-2-14 Колотикаусский, III-2-15 Арсикомский.

III-3 Мидаграбын-Майлийский меланж.

III-4 Чачский покров. Блоки. III-4-1 Майли-Кайджанский, III-4-2 Цанский тектонический останец, III-4-3 Девдоракский.

III-5 Куровский меланж. Блоки: III-5-1 Кибиша, III-5-2 Цдо.

IV Южная микроплита. IV-1. Казбекско-Лагодежкая ступень. Блоки: IV-1-1 Суарком-Гергетский, IV-1-2 Нардон-Сивераутский, IV-1-3 Сахсат-Абайтикауский, IV-1-4 Тибина-Кесатикауский

IV-2. Чиаурский синклинарий. Блоки. IV-2-1 Техтинский, IV-2-2 Рокский, IV-2-3 Згиль-Бахфандагский, IV-2-4 Козыдон-Бирагтикауский, IV-2-5 Зруг-Гинатские, IV-2-6 Саухохский.

Приложение Г.  
(обязательное)

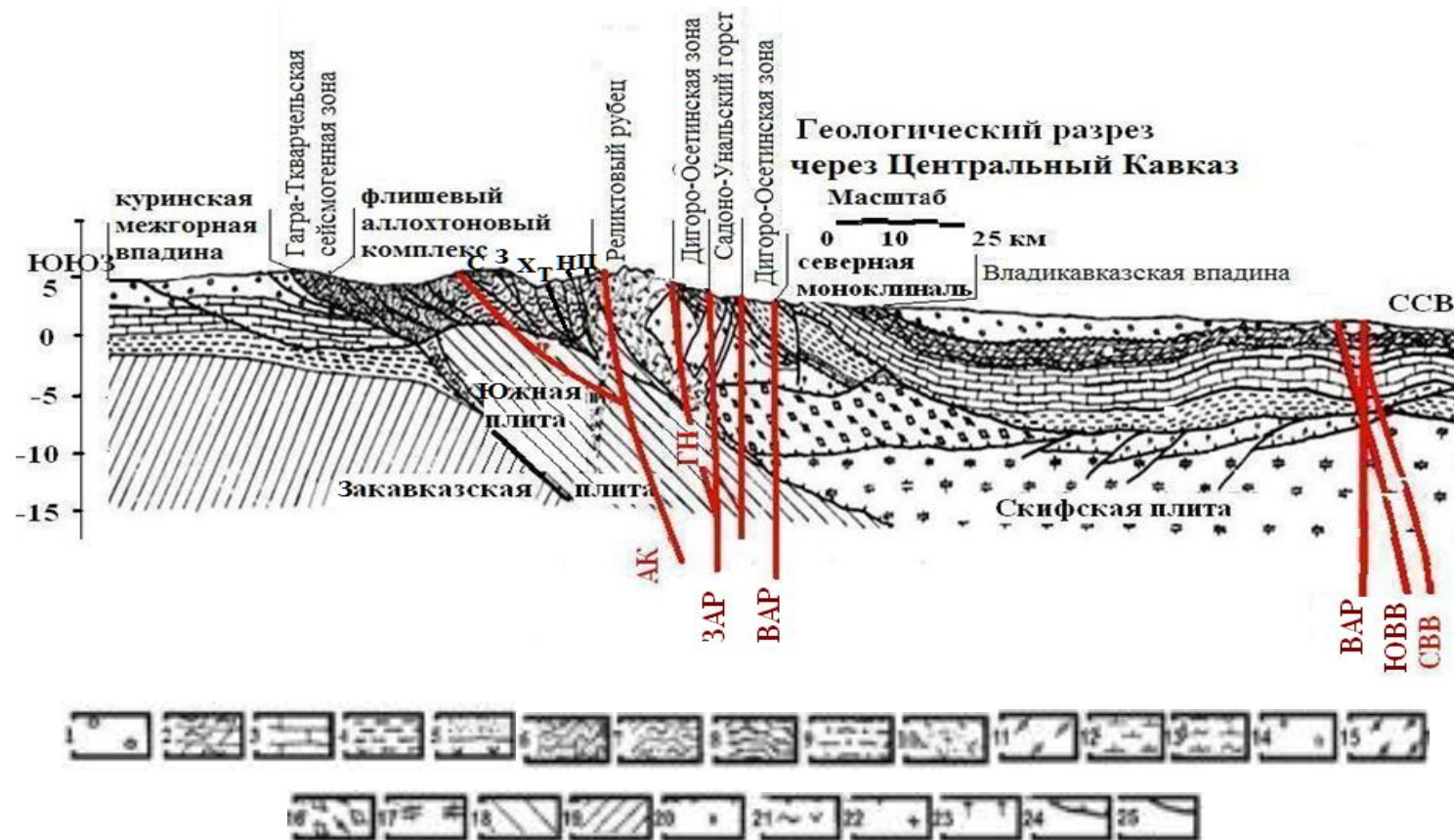


Рисунок Г.1. – Геологический разрез взаимодействия структур в зоне коллизии (Ольховский С.М., Тибилев С.М, 1998г с дополнением Чотчаева Х.О. по глубинной тектонике, 2016г [Заалишвили, Чотчаев, 2016а].

Условные обозначения к геологическому разрезу через Центральный Кавказ

### АВТОХТОННЫЕ И ПАРААВТОХТОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ:

1 – молассовые формации ( $N^3_{1sr_2}$ -Q), 2 - олигоцен-миоценовая терригенно-карбонатная формация ( $P_2-N^3_{1sr_2}$ ), известняковая и песчано-глинисто-карбонатная формации ( $J_3-P_2$ ), 4 – нижне-среднеюрская формация глинистых сланцев ( $J_{1-2}$ ), 5 – нижне-среднеплейасовые морская терригенная и андезито-дацитовая вулканогенная формации ( $P_2-N^3_{1sr_2}$ ). АЛЛОХТОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ: 6 – мальм-эоценовая формация карбонатного флиша ( $J_3-P_2$ ), 7 – нижне-среднеюрская песчано-глинистая флишоидная формация ( $J_{1-2}$ ), 8 – нижне-среднеюрская формация глинистых сланцев ( $J_{1-2}$ ), 9 – нижне-среднеплейасовая формация метапесчаников, кварцитов, узловатых и аспидных сланцев ( $J_1^{1-2}$ ), 10 – триас-лейасовые вулканогенно-осадочная и офиолитовая формации и микститы реликтового рубца (Т?- $J_1$ ).

КОМПЛЕКСЫ ФУНДАМЕНТА: Скифская плита: 11 – позднепалеозойско-триасовый автохтонный и параавтохтонный комплекс ( $PZ_2$ -Т), 12 – позднепротерозойско-раннепалеозойская салическая метаморфическая формация ( $smPR_2$ - $PZ_1$ ), 13 – породы Магерского и Ацгаринского покровов ( $PR_2$ ), 14 – породы Кызылкольского и Тоханского покровов ( $PR_2$ ), 15 – позднепротерозойская фемическая метаморфическая формация ( $PR_2$ ), 16 породы Армавского и Шаукальского покровов ( $PR_2$ ), 17 – нерасчлененный субстрат. Закавказская плита: 18 - субстрат Южной микроплиты, 19 – субстрат Нахичеванского террейна. Разломы, подтвержденные данными геофизических исследований: С-Саухохский, З-Згильский, Х-Халацинский, Т-Тибский, Н- Южный и Северный Нарские (нерасчлененные), Ц- Цесский, АК-Адайком-Казбекский, ГН-Главный надвиг, ЗАР-ВАР-Западная и Восточная ветви Ардонского разлома, СВВ-ЮВВ–Северная и Южная ветви Владикавказского разлома.

ПРОЧИЕ ЗНАКИ: 20 плиоценовая диоритовая формация ( $dN_2$ ), 21 – среднеюрская вулканогенная базальт-андезитовая формация ( $baJ_2$ ), 22 – средне-позднепалеозойская гранитовая и мигматит-гранитовая формации ( $\gamma PZ_{2-3}$ ), 23 – среднепалеозойская гранито-гнейсовая формация ( $gnPZ_2$ ), 24 – основные тектонические границы, 25 прочие разрывные нарушения.

## Приложение Д.

(обязательное)

Таблица Д.1. – Физико-механические характеристики пород территории по упругим параметрам [Чотчаев и др., 2020]

Плотность пород по фондовым источникам, место взятия образца – поверхностные обнажения		Физико-механические свойства пород по геофизическим данным								
Техтинская свита	Мамисонская свита, т/куб.м.	Пункт наблюдения, интервал	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Модуль упругости динамический, ед. ГПа	Величина $\frac{1-\sigma}{(1+\sigma)(1-2\sigma)}$ для определения, ест. ГПа	Модуль упругости статический Ест. ГПа	Модуль деформации массива Едеф. ГПа	Модуль сдвига ( $\mu$ ), ГПа	Постоянная сцепления ( $c$ ), МПа	Предел Прочности одноосное Сжатие? МПа
Глинистые известняки плотность 2,66, 2,69	То же. 2,65-2,71	T1 3250-3490	2,68	15,21	1,190	12,78	1,094	6,29	5,52	50,9

Известковые песчаники, Плотность 2,64-2,71	Мергель грубо рас- сланцован- ный, плот- ность 3,66- 2,68	T2 2880- 3120	2,66	12,36	1,235	10,00	0,977	4,88	4,85	39,6
Органо- генно- об- ломочные известняки, плотность 2,66-2,70	Переслаива- ющиеся мергели и полосчатые известковы е песчаники 2,67-2,71	T3 2386- 2626	2,63	18,24	1,266	14,41	1,169	7,26	5,93	58,5
Мергели, плотность 2,66-2,72	То же, плотность 2,69,2,74	T4 2083- 2323	2,65	17,12	1,064	16,10	1,185	7,56	6,06	60,7
Известко- вые песчаники плотность	Мергель, плотность 2,64-2,73	T5 1782- 2022	2,59	15,37	1,075	14,30	1,116	6,61	5,66	54,0

2,58-2,64										
–	–	T6 1280- 1520	2,62	13,43	1,136	11,82	1,038	5,60	5,20	45,4
–	Известковы й песчаник плотность	T7 912- 1152	2,53	14,23	1,099	12,95	1,123	6,09	5,43	49,3
–	Мергель, плотность 2,65	T8 581-821	2,60	13,23	1,075	12,31	1,092	5,71	5,25	46,0
Глинистый сланец	–	T9	2,70	19,18	1,149	16,70	1,182	5,76	5,28	55,6

**Приложение Е.**

(обязательное)

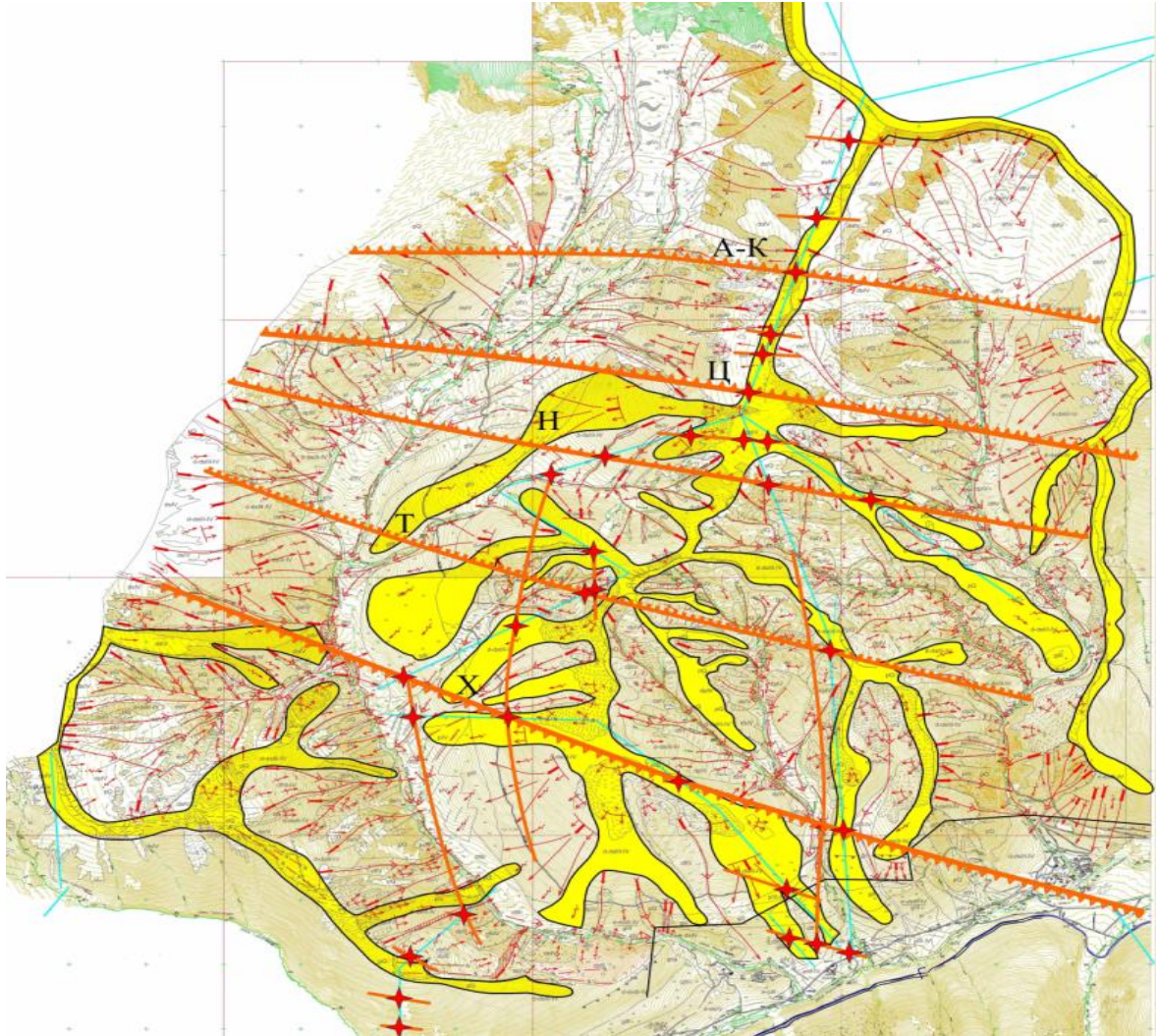
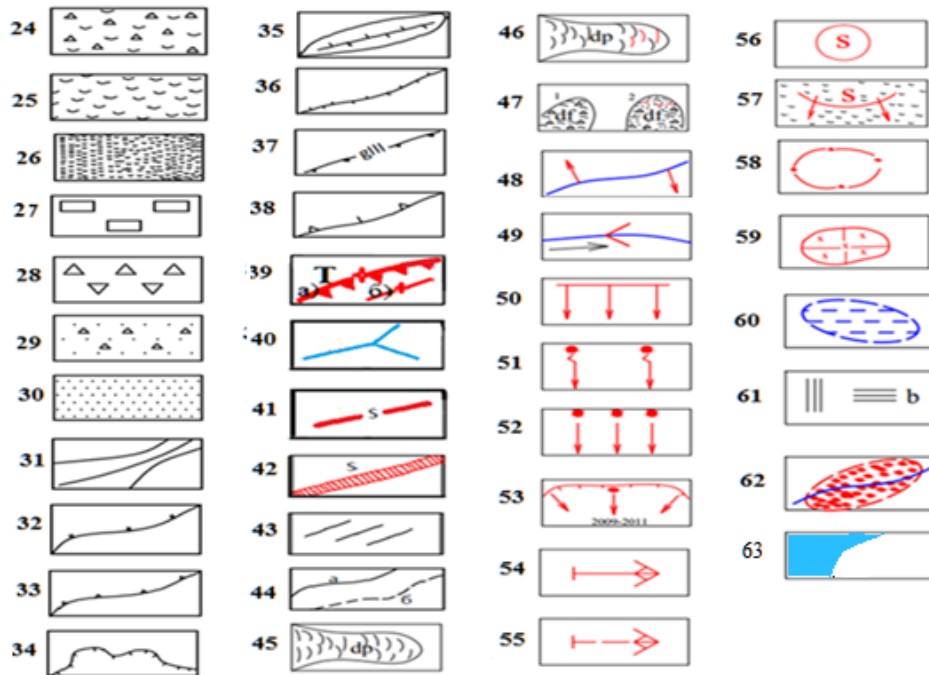
**Е.1. Схема районирования по степени опасности геологических процессов с элементами тектоники по геофизическим данным**

Рисунок Е.1. – Схема районирования по степени опасности геологических процессов с элементами тектоники по геофизическим данным. М 1:10000. Участок Бубудон.(по Гончаренко О.А., тектоническая накладка сост. Чотчаевым Х.О., 2020г)



**Условные обозначения к схеме районирования по степени опасности геологических процессов с элементами тектоники по геофизическим данным**



24- Каменные» земляно-каменные глетчеры. 25- Оползневые накопления. 26- Плошадная и потоковая солифлюкция. 27- Оползни-блоки сейсмогравитационного происхождения.

24- Каменные» земляно-каменные глетчеры. 25- Оползневые накопления. 26- Плошадная и потоковая солифлюкция. 27- Оползни-блоки сейсмогравитационного происхождения. 28- Обвальные накопления. 29- Обвальнo-осыпные накопления. 30- Осыпные накопления, делювиально-осыпные накопления. 31- Конусы выноса пролювия, осыпные конусы и шлейфы. 32- Уступы надпойменных террас. 33- Эрозионные уступы, бровки отрыва оползневых цирков. 34- Эрозионные скальные цирки селевых бассейнов. 35- Гребни боковых (береговых) морен. 36- Гребневидные водоразделы. 37- Ограничения троговых частей речных долин и их возраст. 38- Уступы нагорных нивальных террас. 39- Тектонические нарушения: а) коромантийные, северной вергенции, подтвержденные геофизическими методами: Г-главный Кавказский надвиг, А-К–Адайком-Казбекский взброс, Ц- Цесский надвиг, Н- Нарский взброс, Т- Тибский взброс, З- Згилский взброс, С- Саухохский разлом, южной вергенции – Х- Халацинский взброс, б) нарушения трещинного типа, выявленные геофизическими методами. 40- Линии канатных дорог и геофизических профилей. 41- Разрывы сейсмодислокационного типа. 42- Поверхности смещения сейсмогравитационных

оползней или срывов блокового типа 43- Простираие дочетвертичных образований по данным дешифрирования. 44- Границы стратиграфо-генетических подразделений: а) достоверные б) предполагаемые. 45- Оползни стабилизированные. 46- Оползни с признаками современной активизации. 47- Каменные (1) и земляно-каменные, (2) оползни - потоки глетчерного типа, развитые по рыхлым отложениям разной генетики с морфологией вязкопластического типа. 48- Боковая (бортовая) эрозии. 49- Вертикальная эрозия. 50- Плоскостной смыв. 51- Струйная эрозия. 52- Обвально-осыпные процессы. 53- Очаги постоянного формирования обвалов объемом до первых сотен тысяч куб. м и даты их последней активизации. 54- Селевые потоки. 55- Наносоводные паводки. 56- Солифлюкция локальная (точечная). 57- Солифлюкция площадная. 58- Суффозионные западины. 59- Термокарст. 60- Участки повышенной обводненности и заболоченности. 61- Участки заторфованности. 62 - Участок потенциального временного перекрытия русел водотоков оползневыми и лавинными массами. 63- Ледники.

## Приложение Ж.

(обязательное)

### Ж.1. Схема блоковой дифференциации территории развития активных тектонических нарушений

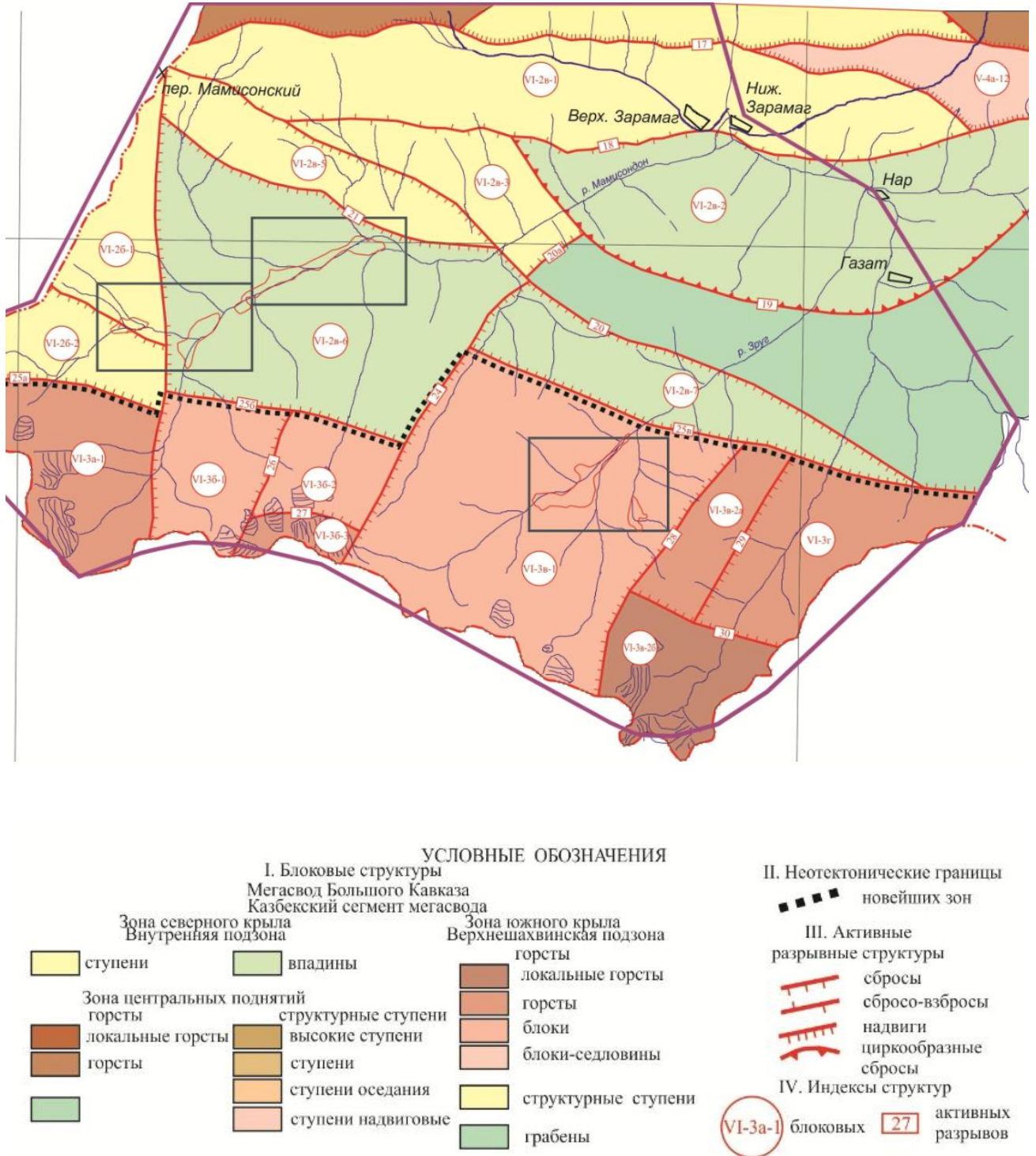


Рисунок Ж.1. – Схема блоковой дифференциации территории развития активных тектонических нарушений [Несмеянов, 2003; Осипов, Виктор, Несмеянов, 2012].

## Ж.2. Индексы порядков структур и их названия

Индексы порядков структур					Названия	Тип		
5	6	7	8	9				
Мегасвод Большого Кавказа								
Казбекский сегмент мегасвода								
Зона северного крыла (Внутренняя подзона)								
IV	4	а			Садонская	шовно-депрессивная зона		
					Мизурская	впадина		
			1			Астафкахохская	ступень	
Зона центральных поднятий								
V	2	г			Дыхтауская	гряда горстов		
					Хошхчинхгорст	ступень		
	3			Верхнеурухская	шовно-депрессивная зона			
				Цейско-Казбекская	гряда горстов			
	4	а			Цейский	горст		
			1			Фастагдорская	ступень	
			2			Саудорский	горст	
			3			Целдонская	ступень	
			4			Цеяхохская	высокая ступень	
			5			Уилпатайский	горст	
			6			Калбтверская	ступень	
			7			Алайхохская	высокая ступень	
			8			Верхнебатская	ступень оседания	
9					Цмиакомхохская	горст		
10					Теплинская	локальный горст		
11			Верхнеардонская	ступень оседания				
12			Цмиакомдонская	ступень (надвиговая)				
13			Куртатинская	горст				
Зона южного крыла (Верхнешахвинская подзона)								
VI	2	б			Верхнерионская-Терская	цепь впадин		
					Мамисонская	перемычка (горстообразная)		
			1			Бубухохская	ступень	
			2			Козикомрахская	ступень	
			в			Мамихдонская	впадина	
				3			Зарамагская	ступень
				4			Нижнемамихдонский	грабен
				5			Тибская	ступень-горст
				6			Техтайский	
	7			Калиатская	ступень			
	8			Верхнемамихдонский	грабен			
	9			Зругского перевала	грабен			
	3	а			Шола-Халацкая	гряда горстов		
			1			Урсадоникачский	горст	
					Саухохский	горст		
		б			Халацкий	горст		
			1			Кударский	блок	
			2			Северохалацкий	блок	
			3			Центральнохалацкий	горст	
					Килхохский	блок		
			Бирахатхохский	блок-перемычка				
в		2			Килхохский	горст		
			а			Гинатхохский	горст	
	б				Зекарайский	локальный горст		
г			Рокский	горст				

## Приложение И.

(обязательное)

Таблица И.1. – База данных развития геодинамических процессов по квадратам 2х2 кв.км на территории проектируемого комплекса «Мамисон» для районирования по степени геоэкологической нагрузки

№ п/п	Виды воздействия	Весовой рейтинг воздействия, $W_{maxi}$	$R_i = W_i D_i$						
			1	2	3	4	5	6	7
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Землетрясения в ближней зоне ( $R=50$ км), сейсмическая интенсивность, ранг	5	4	4	4	3,5	3,5	3	3
2	Зона активного нарушения (плотность нарушений, $км/км^2$ ), ранг	3	3	3	3	3	1,5	2	2
3	Зона пересечения субширотных и субмеридиональных нарушений от одного до четырех и выше (пересечение), N, ранг	4	3,5	3	3,5	3	3	3	3
4	Зона развития трещинной тектоники, $км/км^2$ , ранг	5	2	2	2	2	2	1,5	1,5
5	Зоны, подверженные воздействию статических геофизических, геохимических полей в радиусе действия событий: 10-20; 20-30; 30-40; 40-50, R, км, ранг	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
6	Зоны проявления	3	2	2	2,5	2,5	2	1,5	2

	событий сейсмодислокаций в пределах структурного блока, N, ранг								
7	Распространение четвертичных отложений в интервалах высот, H, м, ранг	3	2	2	3	3	2,5	2,5	3
8	Коренные породы мягкие (до 50 МПа), обнаженность, проценты, ранг	3	3	2,5	3	3	3	2,5	2,5
9	Базис эрозии 1000 м и более, на высотах от 2000 и выше, с учетом оледенения, h, м, ранг	4	2,5	2	2,5	2,5	2	1,5	1,5
10	Базис эрозии 500 м на высотах от 1500 и выше, h, м, ранг	-	-	-	-	-	-	-	-
11	Базис эрозии до 500 м на высотах от 1500 м и ниже, h, м, ранг	-	-	-	-	-	-	-	-
12	Рельеф с углами наклона до 15 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	2	2	2	2,5	2,5	2,5	2	2
13	Рельеф с углами наклона 15-20 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	3	2,5	2,5	2,5	2	2	2	2
14	Рельеф с углами наклона >20 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	4	3,5	2,5	3	3	3	3,5	3,5
15	Мощность четвертичных отложений 0-5 м, при разных углах наклона рельефа, град, ранг	2	1,5	2	2	2	2	2	2

16	Мощность четвертичных отложений 5-12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг	3	2	2	2	2,5	3	3	3
17	Мощность четвертичных отложений более 12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг	3	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2
18	Сели за год, объемом от 10 тыс. м <sup>3</sup> и более, N, ранг	5	3,5	4	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
19	Оползни за год, объем, V, м <sup>3</sup> , ранг	3	2	2,5	2	2	2,5	2	2
20	Обвалы – осыпи, объем, V, тыс.м <sup>3</sup> , ранг	4	3	3,5	2	2,5	3	3	2,5
21	Плоскостной смыв, на один км <sup>2</sup> , S, км <sup>2</sup> , ранг	3	2,5	2,5	2	2	2	2	2
22	Эрозионная деятельность рек «боковая эрозия», l, м/час, ранг	4	2,5	2,5	2	2	2	2	2
23	Солифлюкция при мощности захвата процессом по вертикали, h, м, ранг	3	2	2	1,5	1,5	2	2,5	2,5
24	Струйная эрозия на склонах с углами рельефа, град, ранг	3	2	1,5	1,5	1,5	2	2	2
25	Карстообразование, проявления на км <sup>2</sup> площади, N, ранг	3	2	2	2	2	2	2	2
26	Лавины, за год, N, ранг	5	3,5	3	3	3	3	3,5	3
27	Ледники и глетчеры, события паводкового типа, за год, N, ранг	4	3	3,5	3	3	3,5	3,5	3
28	Сумма максимальных воздействий факторов $W = \sum W_{\max i}$ и суммы рисков $R =$	90	62,5	61,5	61,0	60,5	0,61	59,5	59,0

	$\Sigma Ri$ , ранг								
29	Уязвимость $D = R/W$ или геоэкологическое состояние площадки	1	0,694	0,683	0,677	0,672	0,677	0,661	0,656

Таблица И.2. – База данных развития геодинамических процессов по квадратам 2х2 кв.км на территории проектируемого комплекса «Мамисон» для районирования по степени геоэкологической нагрузки

№ п/п	Виды воздействия	Весов ой рейти нг воздей ствия, $W_{maxi}$	$Ri = Wi Di$				
			8	9	10	11	12
1	3	4	5	6	7	8	9
1	Землетрясения в ближней зоне ( $R=50$ км), сейсмическая интенсивность, ранг	5	4	4	3,5	3,5	3,5
2	Зона активного нарушения (плотность нарушений, в $км/км^2$ ), ранг	3	2	2	1,5	2,5	2,5
3	Зона пересечения субширотных и субмеридиональных нарушений от одного до четырех и выше (пересечение), N, ранг	4	3,5	3,5	4	4	4
4	Зона развития трещинной тектоники, $км/км^2$ , ранг	5	3,5	3,5	4	3	3
5	Зоны, подверженные воздействию статических геофизических, геохимических полей в радиусе действия событий: 10-20; 20-30; 30-40; 40-50, R, км, ранг	2	2	2	2	2	2
6	Зоны проявления событий сейсмодислокаций в пределах структурного блока, N, ранг	3	2	2	2	2	2
7	Распространение четвертичных отложений в	3	2	2	2	2	2



	интервалах высот, Н, м, ранг						
8	Коренные породы мягкие (до 50 МПа), обнаженность, проценты, ранг	3	3	3	2	1,5	1,5
9	Базис эрозии 1000 м и более, на высотах от 2000 и выше, с учетом оледенения, h, м, ранг	4	3	3	3	3	3
10	Базис эрозии 500 м на высотах от 1500 и выше, h, м, ранг	-	-	-	-	-	-
11	Базис эрозии до 500 м на высотах от 1500 м и ниже, h, м, ранг	-	-	-	-	-	-
12	Рельеф с углами наклона до 15° по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	2	2	2	2	2	2
13	Рельеф с углами наклона 15-20° по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	3	3	3	3	3	3
14	Рельеф с углами наклона >20° по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	4	3	3	2,5	2,5	2
15	Мощность четвертичных отложений 0-5 м, при разных углах наклона рельефа, град, ранг	2	2	2	2	2	2
16	Мощность четвертичных отложений 5-12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг	3	2	2	3	2	2,5
17	Мощность четвертичных отложений более 12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг	2	1	1	2	2	2
18	Сели за год, объемом от 10 тыс. м <sup>3</sup> и более, N, ранг	5	3	3	3	4	4
19	Оползни за год, объем, V, м <sup>3</sup> , ранг	3	2	2	2	2	2,5
20	Обвалы – осыпи, объем, V, тыс.м <sup>3</sup> , ранг	4	3	3	2	2	2
21	Плоскостной смыв, на один км <sup>2</sup> , S, км <sup>2</sup> , ранг	3	3	3	3	2	2

22	Эрозионная деятельность рек «боковая эрозия», l, м/час, ранг	4	2	2	2,5	3	3
23	Солифлюкция при мощности захвата процессом по вертикали, h, м, ранг	-	-	-	-	-	-
24	Струйная эрозия на склонах с углами рельефа, град, ранг	3	2	2	2	1	1
25	Карстообразование, проявления на площади, N, км <sup>2</sup> , ранг	-	-	-	-	-	-
26	Лавины, за год, N, ранг	5	3	3	2	2	2
27	Ледники и глетчеры, события паводкового типа, за год, N, ранг	4	2	2	2	2	2
28	Сумма максимальных воздействий факторов $W = \sum W_{maxi}$ и суммы рисков $R = \sum Ri$ , ранг	84	58	58	57	55	55,5
29	Уязвимость $D = R/W$ или геоэкологическое состояние площадки	1	0,690	0,690	0,678	0,655	0,661

Таблица И.3. – База данных развития геодинамических процессов по квадратам 2х2 кв.км на территории проектируемого комплекса «Мамисон» для районирования по степени геоэкологической нагрузки

№ п/п	Виды воздействия	Весовой рейтинг воздействия, $W_{maxi}$	$Ri = Wi Di$				
			13	14	15	18	19
1	3	4	5	6	7	8	9
1	Землетрясения в ближней зоне (R=50км), сейсмическая интенсивность, ранг	5	3,5	3,5	3,5	4	4
2	Зона активного нарушения (плотность нарушений, в км/км <sup>2</sup> ), ранг	3	2	1,5	1,5	3,0	3,0
3	Зона пересечения субширотных и субмеридиональных нарушений от одного до четырех и выше (пересечение),	4	3	3	3	3,5	3,5

	N, ранг						
4	Зона развития трещинной тектоники, км/км <sup>2</sup> , ранг	5	3,5	3,0	3	3	3,5
5	Зоны, подверженные воздействию статических геофизических, геохимических полей в радиусе действия событий: 10-20; 20-30; 30-40; 40-50, R, км, ранг	2	2	2	2	2	2
6	Зоны проявления событий сейсмодислокаций в пределах структурного блока, N, ранг	3	2	2	2	2	2
7	Распространение четвертичных отложений в интервалах высот, H, м, ранг	3	2	2	2	2,5	2,5
8	Коренные породы мягкие (до 50 МПа), обнаженность, проценты, ранг	3	2	2	2	2	2
9	Базис эрозии 1000 м и более, на высотах от 2000 и выше, с учетом оледенения, h, м, ранг	4	2,5	2,5	2,5	3	3
10	Базис эрозии 500 м на высотах от 1500 и выше, h, м, ранг	-	-	-	-	-	-
11	Базис эрозии до 500 м на высотах от 1500 м и ниже, h, м, ранг	-	-	-	-	-	-
12	Рельеф с углами наклона до 15 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	2	1,5	1,5	1,5	2	2
13	Рельеф с углами наклона 15-20 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	3	2	2	2	2	2
14	Рельеф с углами наклона >20 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	4	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
15	Мощность четвертичных отложений 0-5 м, при разных углах наклона рельефа, град, ранг	2	2	2	2	2	2
16	Мощность четвертичных отложений 5-12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг	3	2	2	3	2,5	2,5
17	Мощность четвертичных отложений более 12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг	2	2	2	2	2	2

18	Сели за год, объемом от 10 тыс. м <sup>3</sup> и более, N, ранг	5	3	3	3	3	3
19	Оползни за год, объем, V, м <sup>3</sup> , ранг	3	2,5	2,5	2,5	2	2
20	Обвалы – осыпи, объем, V, тыс.м <sup>3</sup> , ранг	4	2	2	2	2	2
21	Плоскостной смыв, на один км <sup>2</sup> , S, км <sup>2</sup> , ранг	3	3	3	3	2	2
22	Эрозионная деятельность рек «боковая эрозия», l, м/час, ранг	4	3	3	2,5	2	2
23	Солифлюкция при мощности захвата процессом по вертикали, h, м, ранг	-	-	-	-	-	-
24	Струйная эрозия на склонах с углами рельефа, град, ранг	3	2	2	2	1	1
25	Карстообразование, проявления на км <sup>2</sup> площади, N, ранг	-	-	-	-	-	-
26	Лавины, за год, N, ранг	5	3	3	2	3	3
27	Ледники и глетчеры, события паводкового типа, за год, N, ранг	4	2	2	2	3	3
28	Сумма максимальных воздействий факторов $W = \sum W_{maxi}$ и суммы рисков $R = \sum Ri$ , ранг	84	55,0	54,0	55	56,0	56,5
29	Уязвимость или геоэкологическое состояние площадки, WD/W	1	0,655	0,643	0,655	0,667	0,673

Таблица И.4. – База данных развития геодинамических процессов по квадратам 2х2 кв.км на территории проектируемого комплекса «Мамисон» для районирования по степени геоэкологической нагрузки

№ п/п	Виды воздействия	Весовой рейтинг воздействия, $W_{maxi}$	$Ri = Wi Di$				
			20	21	22	23	24
1	3	4	5	6	7	8	9
1	Землетрясения в ближней зоне (R=50км), сейсмическая интенсивность, ранг	5	4	4	3,5	4	4

2	Зона активного нарушения (плотность нарушений, в км/км <sup>2</sup> ), ранг	3	2	2	1,5	3	3
3	Зона пересечения субширотных и субмеридиональных нарушений от одного до четырех и выше (пересечение), N, ранг	4	3,5	3,5	3	2	3
4	Зона развития трещинной тектоники, км/км <sup>2</sup> , ранг	5	3,5	3,5	3	2	3
5	Зоны, подверженные воздействию статических геофизических, геохимических полей в радиусе действия событий: 10-20; 20-30; 30-40; 40-50, R, км, ранг	2	2	2	2	1,5	1,5
6	Зоны проявления событий сейсмодислокаций в пределах структурного блока, N, ранг	3	2	2	2	2	3
7	Распространение четвертичных отложений в интервалах высот, H, м, ранг	3	2	2	2	2	2
8	Коренные породы мягкие (до 50 МПа), обнаженность, проценты, ранг	3	3	3	2	1	1
9	Базис эрозии 1000 м и более, на высотах от 2000 и выше, с учетом оледенения, h, м, ранг	4	2,5	3	3	2	2
10	Базис эрозии 500 м на высотах от 1500 и выше, h, м, ранг	-	-	-	-	2	2
11	Базис эрозии до 500 м на высотах от 1500 м и ниже, h, м, ранг	-	-	-	-	1	1
12	Рельеф с углами наклона до 15 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	2	2	2	2	1	1
13	Рельеф с углами наклона 15-20 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	3	3	3	3	1,5	1,5
14	Рельеф с углами наклона >20 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	4	2,5	2,5	2,5	3	3
15	Мощность четвертичных отложений 0-5 м, при разных углах наклона рельефа, град, ранг	2	2	2	2	1	1

16	Мощность четвертичных отложений 5-12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг	3	2	2	3	3	2
17	Мощность четвертичных отложений более 12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг	2	1	1	2	2	1
18	Сели за год, объемом от 10 тыс. м <sup>3</sup> и более, N, ранг	5	3	3	3	2	3
19	Оползни за год, объем, V, м <sup>3</sup> , ранг	3	2	2	2	1,5	2
20	Обвалы – осыпи, объем, V, тыс.м <sup>3</sup> , ранг	4	3	3	2	1	1
21	Плоскостной смыв, на один км <sup>2</sup> , S, км <sup>2</sup> , ранг	3	3	3	3	2	1
22	Эрозионная деятельность рек «боковая эрозия», l, м/час, ранг	4	2	2	2,5	2	2,5
23	Солифлюкция при мощности захвата процессом по вертикали, h, м, ранг	-	-	-	-	1	1
24	Струйная эрозия на склонах с углами рельефа, град, ранг	3	2	2	2	2	1
25	Карстообразование, проявления на км <sup>2</sup> площади, N, ранг	-	-	-	-	1	1
26	Лавины, за год, N, ранг	5	3	3	2	2	1,5
27	Ледники и глетчеры, события паводкового типа, за год, N, ранг	4	2	2	2	1	1
28	Сумма максимальных воздействий факторов $W = \sum W_{\max i}$ и суммы рисков $R = \sum R_i$ , ранг	84	57,0	57,5	55	49,5	52
29	Уязвимость $D = R/W$ или геоэкологическое состояние площадки	1	0,678	0,684	0,655	0,521	0,547

Таблица И.5. – База данных развития геодинамических процессов по квадратам 2х2 кв.км на территории проектируемого комплекса «Мамисон» для районирования по степени геоэкологической нагрузки

№ п/п	Виды воздействия	Весовой рейтинг воздействия, $W_{maxi}$	$R_i = W_i D_i$						
			25	26	29	30	31	32	33
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Землетрясения в ближней зоне ( $R=50$ км), сейсмическая интенсивность, ранг	5	4	4	3	3	2	2	2
2	Зона активного нарушения (плотность нарушений, в км/км <sup>2</sup> ), ранг	3	3	3	2,5	2,5	2,5	2	2
3	Зона пересечения субширотных и субмеридиональных нарушений от одного до четырех и выше (пересечение), N, ранг	4	3	2	2,5	2	2	2	1
4	Зона развития трещинной тектоники, км/км <sup>2</sup> , ранг	5	3	2	3,5	3	3	2	2
5	Зоны, подверженные воздействию статических геофизических, геохимических полей в радиусе действия событий: 10-20; 20-30; 30-40; 40-50, R, км, ранг	2	1,5	1,5	3,5	1,5	1,5	2	2
6	Зоны проявления событий сейсмодислокаций в пределах структурного блока,	3	3	2	1	1	1	1	1

	N, ранг								
7	Распространение четвертичных отложений в интервалах высот, Н, м, ранг	3	2	2	1	1	1	2	2
8	Коренные породы мягкие (до 50 МПа), обнаженность, проценты, ранг	3	1	1	2	2	2	2	2
9	Базис эрозии 1000 м и более, на высотах от 2000 и выше, с учетом оледенения, h, м, ранг	4	2	2	2	2,5	1,5	1	1
10	Базис эрозии 500 м на высотах от 1500 и выше, h, м, ранг	3	2	2	1	1	2	2	2
11	Базис эрозии до 500 м на высотах от 1500 м и ниже, h, м, ранг	2	1	1	1	1	2	2	2
12	Рельеф с углами наклона до 15 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	2	1	1	1,5	1,5	1,5	2	2
13	Рельеф с углами наклона 15-20 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2
14	Рельеф с углами наклона >20 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	4	3	3	2	2	2,5	2,5	2,5
15	Мощность четвертичных отложений 0-5 м, при разных углах наклона рельефа, град, ранг	2	1	1	1	1	1	1	1
16	Мощность четвертичных отложений 5-12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг	3	2	3	1	1	1	1,5	1,5



17	Мощность четвертичных отложений более 12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг	3	1	2	1	1	1,5	1,5	1,5
18	Сели за год, объемом от 10 тыс. м <sup>3</sup> и более, N, ранг	5	3	2	2	2,5	3	3	3
19	Оползни за год, объем, V, м <sup>3</sup> , ранг	3	2	1,5	2	2	2,5	2,5	3
20	Обвалы – осыпи, объем, V, тыс.м <sup>3</sup> , ранг	4	1	1	2	2	1	1	1
21	Плоскостной смыв, на один км <sup>2</sup> , S, км <sup>2</sup> , ранг	3	1	2	1	1	1,5	1,5	1,5
22	Эрозионная деятельность рек «боковая эрозия», l, м/час, ранг	4	2,5	2	2,5	2	2,5	2,5	2,5
23	Солифлюкция при мощности захвата процессом по вертикали, h, м, ранг	3	1	1	1,5	1,5	2	2	1,5
24	Струйная эрозия на склонах с углами рельефа, град, ранг	3	1	2	3	2	1	1	1
25	Карстообразование, проявления на км <sup>2</sup> площади, N, ранг	3	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	2
26	Лавины, за год, N, ранг	5	2	2	3	3	3	3,5	3
27	Ледники и глетчеры, события паводкового типа, за год, N, ранг	4	1	1	2	2,5	2	2	2
28	Сумма максимальных воздействий факторов $W = \sum W_{\max i}$ и суммы рисков $R = \sum R_i$ , ранг	95	50,0	49,5	49,5	48,5	49,5	51,0	50,0
29	Уязвимость $D = R/W$ или геоэкологическое состояние площадки	1	0,526	0,521	0,521	0,504	0,521	0,537	0,526

Таблица И.6. – База данных развития геодинамических процессов по квадратам 2х2 кв.км на территории проектируемого комплекса «Мамисон» для районирования по степени геоэкологической нагрузки

№ п/п	Виды воздействия	Весовой рейтинг воздействия, $W_{maxi}$	$R_i = W_i D_i$					
			34	35	36	37	38	39
1	3	4		5	6	7	8	9
1	Землетрясения в ближней зоне ( $R=50$ км), сейсмическая интенсивность, ранг	5	5	4	4	4	3,5	3,5
2	Зона активного нарушения (плотность нарушений, в $км/км^2$ ), ранг	3	3	3	3	3	3	3
3	Зона пересечения субширотных и субмеридиональных нарушений от одного до четырех и выше (пересечение), N, ранг	4	4	4	3	2	2,5	3
4	Зона развития трещинной тектоники, $км/км^2$ , ранг	5	4	3	3	2	3	2,5
5	Зоны, подверженные воздействию статических геофизических, геохимических полей в радиусе действия событий: 10-20; 20-30; 30-40; 40-50, R, км, ранг	2	2	1,5	1,5	2	2	2
6	Зоны проявления событий сейсмодислокаций в пределах структурного блока, N, ранг	3	3	3	3	2	2	2
7	Распространение четвертичных отложений в интервалах высот, H, м, ранг	3	2	2	2	2	2	2
8	Коренные породы мягкие (до 50 МПа), обнаженность, проценты,	3	1,5	1	1	1	1	1

	ранг							
9	Базис эрозии 1000 м и более, на высотах от 2000 и выше, с учетом оледенения, h, м, ранг	4	2,5	2	2	2	2	2
10	Базис эрозии 500 м на высотах от 1500 и выше, h, м, ранг	3	2	2	2	2	2	2
11	Базис эрозии до 500 м на высотах от 1500 м и ниже, h, м, ранг	2	1,5	1,5	1,5	1	1	1
12	Рельеф с углами наклона до 15 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
13	Рельеф с углами наклона 15-20 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	3	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1
14	Рельеф с углами наклона >20 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	4	3	3	3	3	2	2
15	Мощность четвертичных отложений 0-5 м, при разных углах наклона рельефа, град, ранг	2	2	2	1,5	1	1	1
16	Мощность четвертичных отложений 5-12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг	3	2	2	2	3	3	3
17	Мощность четвертичных отложений более 12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг	3	3	3	2	2	2	3
18	Сели за год, объемом от 10 тыс. м <sup>3</sup> и более, N, ранг	5	3,5	3	3	2	2,5	2
19	Оползни за год, объем, V, м <sup>3</sup> , ранг	3	2	2	2	1,5	1,5	1,5
20	Обвалы – осыпи, объем, V, тыс.м <sup>3</sup> , ранг	4	2	2	2	3	3	2
21	Плоскостной смыв, на один км <sup>2</sup> , S, км <sup>2</sup> , ранг	3	1	1	1	2	2	2
22	Эрозионная деятельность рек «боковая эрозия», l, м/час, ранг	4	2	2,5	2,5	2	2	2

23	Солифлюкция при мощности захвата процессом по вертикали, h, м, ранг	3	1	1	2	2	2	2
24	Струйная эрозия на склонах с углами рельефа, град, ранг	3	2	2	3	2	2	2
25	Карстообразование, проявления на площади, N, км <sup>2</sup> , ранг	3	1	1	1	1	2	2
26	Лавины, за год, N, ранг	5	2	2	2	3	2,5	2,5
27	Ледники и глетчеры, события паводкового типа, за год, N, ранг	4	1,5	2	2	1	1	1
28	Сумма максимальных воздействий факторов $W = \sum W_{maxi}$ и суммы рисков $R = \sum Ri$ , ранг	95	61,5	58,0	57,5	54,5	55,0	54,5
29	Уязвимость $D = R/W$ или геоэкологическое состояние площадки	1	0,647	0,610	0,605	0,574	0,579	0,574

Таблица И.7. – База данных развития геодинамических процессов по квадратам 2x2 кв.км на территории проектируемого комплекса «Мамисон» для районирования по степени геоэкологической нагрузки

№ п/п	Виды воздействия	Весовой рейтинг воздействия, $W_{maxi}$	$Ri = Wi Di$				
			42	43	44	45	46
1	3	4	5	6	7	8	9
1	Землетрясения в ближней зоне (R=50км), сейсмическая интенсивность, ранг	5	4	3	3	3	2
2	Зона активного нарушения (плотность нарушений, в км/км <sup>2</sup> ), ранг	3	3	3	3	3	3
3	Зона пересечения субширотных и субмеридиональных нарушений от одного до четырех и выше (пересечение), N, ранг	4	2,5	2	3	3	2
4	Зона развития трещинной	5	3,5	3	3	2	2

	тектоники, км/км <sup>2</sup> , ранг						
5	Зоны, подверженные воздействию статических геофизических, геохимических полей в радиусе действия событий: 10-20; 20-30; 30-40; 40-50, R, км, ранг	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
6	Зоны проявления событий сейсмодислокаций в пределах структурного блока, N, ранг	3	1	2	2	1	1
7	Распространение четвертичных отложений в интервалах высот, H, м, ранг	3	1	1	1	1	1
8	Коренные породы мягкие (до 50 МПа), обнаженность, проценты, ранг	3	1,5	1,5	2	2	1,5
9	Базис эрозии 1000 м и более, на высотах от 2000 и выше, с учетом оледенения, h, м, ранг	4	2	2,5	1,5	1	1
10	Базис эрозии 500 м на высотах от 1500 и выше, h, м, ранг	3	1	1	2	2	2
11	Базис эрозии до 500 м на высотах от 1500 м и ниже, h, м, ранг	2	1	1	2	2	2
12	Рельеф с углами наклона до 15° по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
13	Рельеф с углами наклона 15-20° по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	3	1,5	1,5	1,5	2	2
14	Рельеф с углами наклона >20° по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	4	2	2	2,5	2,5	2,5
15	Мощность четвертичных отложений 0-5 м, при разных углах наклона рельефа, град, ранг	2	1	1	1	1	1
16	Мощность четвертичных отложений 5-12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг	3	1	1	1	1	1

17	Мощность четвертичных отложений более 12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг	3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
18	Сели за год, объемом от 10 тыс. м <sup>3</sup> и более, N, ранг	5	3	2,5	2,5	3	3
19	Оползни за год, объем, V, м <sup>3</sup> , ранг	3	1,5	1,5	2	2	2
20	Обвалы – осыпи, объем, V, тыс.м <sup>3</sup> , ранг	4	2	2	2	2	2
21	Плоскостной смыв, на один км <sup>2</sup> , S, км <sup>2</sup> , ранг	3	3	3	3	3	3
22	Эрозионная деятельность рек «боковая эрозия», I, м/час, ранг	4	2,5	3	3	2,5	2,5
23	Солифлюкция при мощности захвата процессом по вертикали, h, м, ранг	3	2	2	2	2	2
24	Струйная эрозия на склонах с углами рельефа, град, ранг	3	3	2	3	2	2
25	Карстообразование, проявления на км <sup>2</sup> площади, N, ранг	3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
26	Лавины, за год, N, ранг	5	3	3	3	3,5	3
27	Ледники и глетчеры, события паводкового типа, за год, N, ранг	4	2	2,5	2	2	2
28	Сумма максимальных воздействий факторов $W = \sum W_{maxi}$ и суммы рисков $R = \sum Ri$ , ранг	95	54,0	53,0	57,0	54,5	51,5
29	Уязвимость $D = R/W$ или геоэкологическое состояние площадки	1	0,588	0,558	0,600	0,574	0,542

Таблица И.8. – База данных развития геодинамических процессов по квадратам 2х2 кв.км на территории проектируемого комплекса «Мамисон» для районирования по степени геоэкологической нагрузки

№ п/п	Виды воздействия	Весовой рейтинг воздействия, $W_{maxi}$	$Ri = Wi Di$		
			47	48	49
1	3	4	5	6	7
1	Землетрясения в ближней зоне	5	3,5	3	3

	(R=50км), сейсмическая интенсивность, ранг				
2	Зона активного нарушения (плотность нарушений, в км/км <sup>2</sup> ), ранг	3	3	2,5	3
3	Зона пересечения субширотных и субмеридиональных нарушений от одного до четырех и выше (пересечение), N, ранг	4	2,5	2	3
4	Зона развития трещинной тектоники, км/км <sup>2</sup> , ранг	5	4	3,5	3,5
5	Зоны, подверженные воздействию статических геофизических, геохимических полей в радиусе действия событий: 10-20; 20-30; 30-40; 40-50, R, км, ранг	2	2	2	2
6	Зоны проявления событий сейсмодислокаций в пределах структурного блока, N, ранг	3	1	1	1
7	Распространение четвертичных отложений в интервалах высот, H, м, ранг	3	2	2	2
8	Коренные породы мягкие (до 50 МПа), обнаженность, проценты, ранг	3	1,5	1,5	1
9	Базис эрозии 1000 м и более, на высотах от 2000 и выше, с учетом оледенения, h, м, ранг	4	2	2,5	1,5
10	Базис эрозии 500 м на высотах от 1500 и выше, h, м, ранг	3	1	1	2
11	Базис эрозии до 500 м на высотах от 1500 м и ниже, h, м, ранг	2	1	1	2
12	Рельеф с углами наклона до 15 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	2	1	1	1
13	Рельеф с углами наклона 15-20 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	3	1	1	1
14	Рельеф с углами наклона >20 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	4	2	2	2
15	Мощность четвертичных отложений 0-5 м, при разных углах наклона рельефа, град, ранг	-	-	-	-
16	Мощность четвертичных отложений 5-12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг	3	1	1	1
17	Мощность четвертичных отложений более 12 м, при различных углах	3	1,5	1,5	1,5





	км/км <sup>2</sup> ), ранг								
3	Зона пересечения субширотных и субмеридиональных нарушений от одного до четырех и выше (пересечение), N, ранг	4	1	1	1	1	1	3	3
4	Зона развития трещинной тектоники, км/км <sup>2</sup> , ранг	5	1	1	1	1	1	3,5	3,5
5	Зоны, подверженные воздействию статических геофизических, геохимических полей в радиусе действия событий: 10-20; 20-30; 30-40; 40-50, R, км, ранг	2	1	1	1	1	1	2	2
6	Зоны проявления событий сейсмодислокаций в пределах структурного блока, N, ранг	3	1	1	1	1	1	2	2
7	Распространение четвертичных отложений в интервалах высот, H, м, ранг	3	1	1	1	1	1	1,5	1,5
8	Коренные породы мягкие (до 50 МПа), обнаженность, проценты, ранг	3	1	1	1	1	1	1,5	1,5
9	Базис эрозии 1000 м и более, на высотах от 2000 и выше, с учетом оледенения, h, м, ранг	4	1	1	1	1	1	3	3
10	Базис эрозии 500 м на высотах от 1500 и выше, h, м, ранг	3	-	-	-	-	-	2	3
11	Базис эрозии до 500 м на высотах от	2	-	-	-	-	-	1,5	1

	1500 м и ниже, h, м, ранг								
12	Рельеф с углами наклона до 15 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	2	1	1	1,5	1,5	1,5	1	1
13	Рельеф с углами наклона 15-20 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2
14	Рельеф с углами наклона >20 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	4	2,5	2,5	2,5	2	2	2,5	3,0
15	Мощность четвертичных отложений 0-5 м, при разных углах наклона рельефа, град, ранг	2	-	-	-	-	-	1	1
16	Мощность четвертичных отложений 5-12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг	3	1	1	1	1	1	2	2
17	Мощность четвертичных отложений более 12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг	3	-	-	-	-	-	2	2
18	Сели за год, объемом от 10 тыс. м <sup>3</sup> и более, N, ранг	5	-	-	-	-	-	3	3
19	Оползни за год, объем, V, м <sup>3</sup> , ранг	3	1	1	1	1,5	1,5	2	2
20	Обвалы – осыпи, объем, V, тыс.м <sup>3</sup> , ранг	4	1,5	1,5	2	2	2	3	3
21	Плоскостной смыв, на один км <sup>2</sup> , S, км <sup>2</sup> , ранг	3	1	1	1	1	1	2	2
22	Эрозионная деятельность рек	4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1

	«боковая эрозия», l, м/час, ранг								
23	Солифлюкция при мощности захвата процессом по вертикали, h, м, ранг	3	-	-	-	-	-	2	2
24	Струйная эрозия на склонах с углами рельефа, град, ранг	3	1	1,5	1,5	1,5	1	1,5	1,5
25	Карстообразование, проявления на км <sup>2</sup> площади, N, ранг	3	-	-	-	-	-	1	1
26	Лавины, за год, N, ранг	5	2	3	2	3	3	3	3
27	Ледники и глетчеры, события паводкового типа, за год, N, ранг	4	2,5	2,5	2,5	1,5	1,5	2	2
28	Сумма максимальных воздействий факторов $W = \sum W_{maxi}$ и суммы рисков $R = \sum Ri$ , ранг	74/95	26,5	28	27,5	28,5	28	58,0	59,0
29	Уязвимость $D = R/W$ или геоэкологическое состояние площадки	1	0,358	0,378	0,372	0,385	0,378	0,605	0,621

Примечание: При прочерках фактора воздействия сумма потенциальной (расчетной) нагрузки уменьшается на баллы фактора.

Таблица И.10. – База данных развития геодинамических процессов по квадратам 2х2 кв.км на территории проектируемого комплекса «Мамисон» для районирования по степени геоэкологической нагрузки

№ п/п	Виды воздействия	Весовой рейтинг воздействия, $W_{maxi}$	$Ri = Wi Di$			
			59	60	61	62
1	3	4	5	6	7	8
1	Землетрясения в ближней зоне (R=50км), сейсмическая интенсивность, ранг	5	4	3,5	4	3
2	Зона активного нарушения (плотность нарушений, в км/км <sup>2</sup> ),	3	3	3	2,5	3

	ранг					
3	Зона пересечения субширотных и субмеридиональных нарушений от одного до четырех и выше (пересечение), N, ранг	4	3	2,5	2	3
4	Зона развития трещинной тектоники, км/км <sup>2</sup> , ранг	5	3	3	3,5	3,5
5	Зоны, подверженные воздействию статических геофизических, геохимических полей в радиусе действия событий: 10-20; 20-30; 30-40; 40-50, R, км, ранг	2	2	2	2	2
6	Зоны проявления событий сейсмодислокаций в пределах структурного блока, N, ранг	3	2	2	2	2
7	Распространение четвертичных отложений в интервалах высот, H, м, ранг	3	2	2	2	2
8	Коренные породы мягкие (до 50 МПа), обнаженность, проценты, ранг	3	2	2	1,5	2
9	Базис эрозии 1000 м и более, на высотах от 2000 и выше, с учетом оледенения, h, м, ранг	4	2	2	2,5	3
10	Базис эрозии 500 м на высотах от 1500 и выше, h, м, ранг	3	2	2	3	3
11	Базис эрозии до 500 м на высотах от 1500 м и ниже, h, м, ранг	2	2	2	2	2
12	Рельеф с углами наклона до 15 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	2	2	2	2	2
13	Рельеф с углами наклона 15-20 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	3	2,5	2,5	3	2
14	Рельеф с углами наклона >20 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	4	3	2	2	2
15	Мощность четвертичных отложений 0-5 м, при разных углах наклона рельефа, град, ранг	2	1,5	1,5	1,5	2
16	Мощность четвертичных отложений 5-12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг	3	2,5	3	3	2,5
17	Мощность четвертичных отложений более 12 м, при различных углах наклона рельефа,	3	2	2	1,5	2,5

	град, ранг					
18	Сели за год, объемом от 10 тыс. м <sup>3</sup> и более, N, ранг	5	3	3	3	3
19	Оползни за год, объем, V, м <sup>3</sup> , ранг	3	1,5	1,5	1,5	2
20	Обвалы – осыпи, объем, V, тыс.м <sup>3</sup> , ранг	4	2,5	3	2	2
21	Плоскостной смыв, на один км <sup>2</sup> , S, км <sup>2</sup> , ранг	3	3	3	3	2,5
22	Эрозионная деятельность рек «боковая эрозия», l, м/час, ранг	4	3	4	3	3
23	Солифлюкция при мощности захвата процессом по вертикали, h, м, ранг	3	2	2	1,5	2
24	Струйная эрозия на склонах с углами рельефа, град, ранг	3	2	2	2	2
25	Карстообразование, проявления на км <sup>2</sup> площади, N, ранг	3	2	2	2	2
26	Лавины, за год, N, ранг	5	4	3	3	3
27	Ледники и глетчеры, события паводкового типа, за год, N, ранг	4	3	2	2	2
28	Сумма максимальных воздействий факторов $W = \sum W_{maxi}$ и суммы рисков $R = \sum Ri$ , ранг	95	66,5	64,5	63,0	65,0
29	Уязвимость $D = R/W$ или геоэкологическое состояние площадки	1	0,700	0,679	0,663	0,684

Таблица И.11. – База данных развития геодинамических процессов по квадратам 2х2 кв.км на территории проектируемого комплекса «Мамисон» для районирования по степени геоэкологической нагрузки

№ п/п	Виды воздействия	Весовой рейтинг воздействия, $W_{maxi}$	$Ri = Wi Di$						
			63	64	65	66	67	68	69
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Землетрясения в ближней зоне (R=50км), сейсмическая интенсивность, ранг	5	3	3	2	3	3	2,5	2,5

2	Зона активного нарушения (плотность нарушений, в км/км <sup>2</sup> ), ранг	3	3	2,5	2	2,5	3	2	2
3	Зона пересечения субширотных и субмеридиональных нарушений от одного до четырех и выше (пересечение), N, ранг	4	3	3	2	2	3	2	2
4	Зона развития трещинной тектоники, км/км <sup>2</sup> , ранг	5	3	2,5	2	3,5	2	1,5	1,5
5	Зоны, подверженные воздействию статических геофизических, геохимических полей в радиусе действия событий: 10-20; 20-30; 30-40; 40-50, R, км, ранг	2	2	2	2	2	1,5	1	1
6	Зоны проявления событий сейсмодислокаций в пределах структурного блока, N, ранг	3	2	2	1	1	1	2	2
7	Распространение четвертичных отложений в интервалах высот, H, м, ранг	3	1,5	1,5	2	2	1	1,5	1,5
8	Коренные породы мягкие (до 50 МПа), обнаженность, проценты, ранг	3	1,5	1,5	2	1,5	2	1	1
9	Базис эрозии 1000 м и более, на высотах от 2000 и выше, с учетом оледенения, h, м, ранг	4	2	2	1	2,5	1	1	1
10	Базис эрозии 500 м на высотах от 1500 и выше, h, м, ранг	3	2	3	2	1	2	-	-

11	Базис эрозии до 500 м на высотах от 1500 м и ниже, h, м, ранг	2	1,5	1,5	2	1	2	-	-
12	Рельеф с углами наклона до 15 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	2	1	1,5	2	1	1,5	1	1
13	Рельеф с углами наклона 15-20 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	3	2	2	2	1	2	2	2
14	Рельеф с углами наклона >20 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	4	2,5	3,0	2,5	2	2,5	1	1
15	Мощность четвертичных отложений 0-5 м, при разных углах наклона рельефа, град, ранг	2	1,5	1	1	-	1	-	-
16	Мощность четвертичных отложений 5-12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг	3	2	2	1,5	1	1	1	1
17	Мощность четвертичных отложений более 12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг	3	2	2	1,5	1,5	1,5	-	-
18	Сели за год, объемом от 10 тыс. м <sup>3</sup> и более, N, ранг	5	3	3	3	2,5	3	-	-
19	Оползни за год, объем, V, м <sup>3</sup> , ранг	3	2	2	2,5	1,5	2	2	2
20	Обвалы – осыпи, объем, V, тыс.м <sup>3</sup> , ранг	4	3	3	1	2	2	1	1
21	Плоскостной смыв, на один км <sup>2</sup> , S, км <sup>2</sup> , ранг	3	2	2	1,5	3	3	1	1
22	Эрозионная деятельность рек «боковая эрозия», I,	4	1	1	2,5	3	2,5	2	2

	м/час, ранг								
23	Солифлюкция при мощности захвата процессом по вертикали, h, м, ранг	3	2	2	2	1,5	2	-	-
24	Струйная эрозия на склонах с углами рельефа, град, ранг	3	1,5	1,5	1	2	2		
25	Карстообразование, проявления на км <sup>2</sup> площади, N, ранг	3	1	1	1,5	2	1,5	-	-
26	Лавины, за год, N, ранг	5	3	3	3,5	3	3,5	2	2
27	Ледники и глетчеры, события паводкового типа, за год, N, ранг	4	2	2	2	2	2	1,5	1,5
28	Сумма максимальных воздействий факторов $W = \sum W_{\max i}$ и суммы рисков $R = \sum Ri$ , ранг	95 (74)	56,0	56,5	51,0	51,0	54,5	31	31
29	Уязвимость $D = R/W$ или геоэкологическое состояние площадки	1	0,589	0,595	0,537	0,548	0,574	0,419	0,419

Таблица И.12. – База данных развития геодинамических процессов по квадратам 2х2 кв.км на территории проектируемого комплекса «Мамисон» для районирования по степени геоэкологической нагрузки

№ п/п	Виды воздействия	Весовой рейтинг воздействия, $W_{\max i}$ , $W_{\max}$	$Ri = Wi Di$				
			72	73	74	75	76
1	3	4	5	6	7	8	9
1	Землетрясения в ближней зоне ( $R=50\text{км}$ ), сейсмическая интенсивность, ранг	5	4	5	4	5	5
2	Зона активного нарушения (плотность нарушений, в км/км <sup>2</sup> ), ранг	3	2,5	3	2,5	3	3
3	Зона пересечения субширотных и субмеридиональных нарушений от одного до четырех и выше (пересечение), N, ранг	4	3,5	3,5	3,5	4	4



4	Зона развития трещинной тектоники, км/км <sup>2</sup> , ранг	5	4,5	4,5	4,5	5	5
5	Зоны, подверженные воздействию статических геофизических, геохимических полей в радиусе действия событий: 10-20; 20-30; 30-40; 40-50, R, км, ранг	2	2	2	2	2	2
6	Зоны проявления событий сейсмодислокаций в пределах структурного блока, N, ранг	3	3	3	3	3	3
7	Распространение четвертичных отложений в интервалах высот, H, м, ранг	3	2	1,5	2	1,5	1,5
8	Коренные породы мягкие (до 50 МПа), обнаженность, проценты, ранг	3	3	3	3	3	3
9	Базис эрозии 1000 м и более, на высотах от 2000 и выше, с учетом оледенения, h, м, ранг	4	3,5	4	3,5	4	4
10	Базис эрозии 500 м на высотах от 1500 и выше, h, м, ранг	3	2,5	3	3	3	2,5
11	Базис эрозии до 500 м на высотах от 1500 м и ниже, h, м, ранг	-	-	-	-	-	-
12	Рельеф с углами наклона до 15 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
13	Рельеф с углами наклона 15-20 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	3	2,5	3	2,5	3	3
14	Рельеф с углами наклона >20 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	4	3	3	3	3	3
15	Мощность четвертичных отложений 0-5 м, при разных углах наклона рельефа, град, ранг	2	1	1	1	1	1
16	Мощность четвертичных отложений 5-12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг	3	2	2	2	2	2
17	Мощность четвертичных отложений более 12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг	3	2,5	3	2,5	3	3
18	Сели за год, объемом от 10 тыс. м <sup>3</sup> и более, N, ранг	5	4	4,5	4	4	4
19	Оползни за год, объем, V, м <sup>3</sup> , ранг	3	2	2	2,5	2,5	2,5
20	Обвалы – осыпи, объем, V, тыс.м <sup>3</sup> , ранг	4	4	4	4	4	4

21	Плоскостной смыв, на один км <sup>2</sup> , S, км <sup>2</sup> , ранг	3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
22	Эрозионная деятельность рек «боковая эрозия», l, м/час, ранг	4	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
23	Солифлюкция при мощности захвата процессом по вертикали, h, м, ранг	3	1,5	1,5	2	2	1,5
24	Струйная эрозия на склонах с углами рельефа, град, ранг	3	3	2	3	2	2
25	Карстообразование, проявления на км <sup>2</sup> площади, N, ранг	3	2	2	2	2	2
26	Лавины, за год, N, ранг	5	3	3	3	3,5	3
27	Ледники и глетчеры, события паводкового типа, за год, N, ранг	4	4	4	4	4	4
28	Сумма максимальных воздействий факторов $W = \sum W_{\max i}$ и суммы рисков $R = \sum R_i$ , ранг	92	70,5	73,0	73,0	75,0	73,5
29	Уязвимость $D = R/W$ или геоэкологическое состояние площадки	1	0,766	0,793	0,793	0,815	0,799

Таблица И.13. – База данных развития геодинамических процессов по квадратам 2х2 кв.км на территории проектируемого комплекса «Мамисон» для районирования по степени геоэкологической нагрузки

№ п/п	Виды воздействия	Весовой рейтинг воздействия, $W_{\max i}$	$R_i = W_i D_i$						
			77	78	79	80	81	82	83
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Землетрясения в ближней зоне (R=50км), сейсмическая интенсивность, ранг	5	5	4	5	4	5	4	5
2	Зона активного нарушения (плотность нарушений, в км/км <sup>2</sup> ), ранг	3	3	3,5	3	3,5	3,5	3,5	3
3	Зона пересечения субширотных и субмеридиональных нарушений от	4	4	3	3,5	3	3,5	3	3

	одного до четырех и выше (пересечение), N, ранг								
4	Зона развития трещинной тектоники, км/км <sup>2</sup> , ранг	5	4	4	4,5	4	3,5	3,5	3
5	Зоны, подверженные воздействию статических геофизических, геохимических полей в радиусе действия событий: 10-20; 20-30; 30-40; 40-50, R, км, ранг	2	2	2	2	2	2	2	2
6	Зоны проявления событий сейсмодислокаций в пределах структурного блока, N, ранг	3	3	3	3	2	2	2	2
7	Распространение четвертичных отложений в интервалах высот, H, м, ранг	3	2	2	2	2	2	2	2
8	Коренные породы мягкие (до 50 МПа), обнаженность, проценты, ранг	3	2	2	2	2	2	2	2
9	Базис эрозии 1000 м и более, на высотах от 2000 и выше, с учетом оледенения, h, м, ранг	4	3	3	3	2,5	2,5	3	3
10	Базис эрозии 500 м на высотах от 1500 и выше, h, м, ранг	3	3	2	2	3	3	3	2,5
11	Базис эрозии до 500 м на высотах от 1500 м и ниже, h, м, ранг	2	1	1	1	1	1	1	1
12	Рельеф с углами наклона до 15 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы,	2	1,5	1,5	1,5	1	1,5	2	2

	ранг								
13	Рельеф с углами наклона 15-20 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	3	2,5	2,5	2	2	2,5	3	2,5
14	Рельеф с углами наклона >20 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	4	3	3	3	3	3	3	3
15	Мощность четвертичных отложений 0-5 м, при разных углах наклона рельефа, град, ранг	2	2	2	2	2	2	2	2
16	Мощность четвертичных отложений 5-12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг	3	3	3	3	3	3	3	3
17	Мощность четвертичных отложений более 12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг	3	3	3	3	3	3	3	3
18	Сели за год, объемом от 10 тыс. м <sup>3</sup> и более, N, ранг	5	4	4	4,5	4,5	5	4	4
19	Оползни за год, объем, V, м <sup>3</sup> , ранг	3	2,5	2	2	2	2,5	2,5	2,5
20	Обвалы – осыпи, объем, V, тыс.м <sup>3</sup> , ранг	4	2	2	2	2	2	2	2
21	Плоскостной смыв, на один км <sup>2</sup> , S, км <sup>2</sup> , ранг	3	2	2	2	1,5	1,5	2	2
22	Эрозионная деятельность рек «боковая эрозия», I, м/час, ранг	4	2,5	2,5	3	3	2,5	2,5	2,5
23	Солифлюкция при мощности захвата процессом по	3	2	2	1,5	1,5	2	2	1,5

	вертикали, h, м, ранг								
24	Струйная эрозия на склонах с углами рельефа, град, ранг	3	2	2	2	2	2	2	2
25	Карстообразование, проявления на км <sup>2</sup> площади, N, ранг	3	2	2	2	2	2	2	2
26	Лавины, за год, N, ранг	5	3	3	3	3	3	3	3
27	Ледники и глетчеры, события паводкового типа, за год, N, ранг	4	3	3	3	3	3	3	4
28	Сумма максимальных воздействий факторов $W = \sum W_{maxi}$ и суммы рисков $R = \sum Ri$ , ранг	95	72,0	69,0	70,5	67,5	70,5	67,5	69,5
29	Уязвимость $D = R/W$ или геозкологическое состояние площадки	1	0,758	0,726	0,793	0,710	0,742	0,710	0,799

Таблица И.14. – База данных развития геодинамических процессов по квадратам 2х2 кв.км на территории проектируемого комплекса «Мамисон» для районирования по степени геозкологической нагрузки

№ п/п	Виды воздействия	Весовой рейтинг воздействия, $W_{maxi}$	$Ri = Wi Di$				
			90	91	92	93	94
1	3	4	5	6	7	8	9
1	Землетрясения в ближней зоне (R=50км), сейсмическая интенсивность, ранг	5	5	5	5	5	5
2	Зона активного нарушения (плотность нарушений, в км/км <sup>2</sup> ), ранг	3	3	3	3	3	3
3	Зона пересечения субширотных и субмеридиональных нарушений от одного до четырех и выше (пересечение), N, ранг	4	4	4	4	4	4
4	Зона развития трещинной тектоники,	5	4,5	4,5	4,5	5	5

	км/км <sup>2</sup> , ранг						
5	Зоны, подверженные воздействию статических геофизических, геохимических полей в радиусе действия событий: 10-20; 20-30; 30-40; 40-50, R, км, ранг	2	2	2	2	2	2
6	Зоны проявления событий сейсмодислокаций в пределах структурного блока, N, ранг	3	3	3	3	3	3
7	Распространение четвертичных отложений в интервалах высот, H, м, ранг	3	3	3	3	3	3
8	Коренные породы мягкие (до 50 МПа), обнаженность, проценты, ранг	3	3	3	3	3	3
9	Базис эрозии 1000 м и более, на высотах от 2000 и выше, с учетом оледенения, h, м, ранг	4	4	4	4	4	4
10	Базис эрозии 500 м на высотах от 1500 и выше, h, м, ранг	3	2	2	2	2	2
11	Базис эрозии до 500 м на высотах от 1500 м и ниже, h, м, ранг	-	-	-	-	-	-
12	Рельеф с углами наклона до 15 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	-	-	-	-	-	-
13	Рельеф с углами наклона 15-20 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	3	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
14	Рельеф с углами наклона >20 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	4	3	3	3	3	3
15	Мощность четвертичных отложений 0-5 м, при разных углах наклона рельефа, град, ранг	-	-	-	-	-	-
16	Мощность четвертичных отложений 5-12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг	3	2	2	2	2	2
17	Мощность четвертичных отложений более 12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг	3	2,5	3	2,5	3	3
18	Сели за год, объемом от 10 тыс. м <sup>3</sup> и более, N, ранг	5	5	5	5	5	5
19	Оползни за год, объем, V, м <sup>3</sup> , ранг	3	2	2	2,5	2,5	2,5
20	Обвалы – осыпи, объем, V, тыс.м <sup>3</sup> , ранг	4	3	3	3	3	3
21	Плоскостной смыв, на один км <sup>2</sup> , S, км <sup>2</sup> , ранг	3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
22	Эрозионная деятельность рек «боковая эрозия», I, м/час, ранг	4	3	3	2,5	2,5	3

23	Солифлюкция при мощности захвата процессом по вертикали, h, м, ранг	3	2	2	2	2	2
24	Струйная эрозия на склонах с углами рельефа, град, ранг	3	3	3	3	3	3
25	Карстообразование, проявления на км <sup>2</sup> площади, N, ранг	3	2	2	2	2	2
26	Лавины, за год, N, ранг	5	3	3	3	3,5	3
27	Ледники и глетчеры, события паводкового типа, за год, N, ранг	4	3	3	3	3	3
28	Сумма максимальных воздействий факторов $W = \sum W_{maxi}$ и суммы рисков $R = \sum Ri$ , ранг	89	71,0	71,5	71,0	72,5	72,5
29	Уязвимость $D = R/W$ или геоэкологическое состояние площадки	1	0,80	0,80	0,80	0,82	0,82

Таблица И.15. – База данных развития геодинамических процессов по квадратам 2x2 кв.км на территории проектируемого комплекса «Мамисон» для районирования по степени геоэкологической нагрузки

№ п/п	Виды воздействия	Весовой рейтинг воздействия, $W_{maxi}$	$Ri = Wi Di$				
			99	100	101	102	105
1	3	4	5	6	7	8	9
1	Землетрясения в ближней зоне (R=50км), сейсмическая интенсивность, ранг	5	5	5	5	5	5
2	Зона активного нарушения (плотность нарушений, в км/км <sup>2</sup> ), ранг	3	3	2	3	3	2
3	Зона пересечения субширотных и субмеридиональных нарушений от одного до четырех и выше (пересечение), N, ранг	4	3	4	4	4	3
4	Зона развития трещинной тектоники, км/км <sup>2</sup> , ранг	5	4	4	4	4	4
5	Зоны, подверженные воздействию статических геофизических, геохимических полей в радиусе действия событий:	2	2	2	2	2	2

	10-20; 20-30; 30-40; 40-50, R, км, ранг						
6	Зоны проявления событий сейсмодислокаций в пределах структурного блока, N, ранг	3	3	3	3	3	3
7	Распространение четвертичных отложений в интервалах высот, H, м, ранг	3	2	3	2	2	2
8	Коренные породы мягкие (до 50 МПа), обнаженность, проценты, ранг	3	3	3	3	3	3
9	Базис эрозии 1000 м и более, на высотах от 2000 и выше, с учетом оледенения, h, м, ранг	4	4	4	4	4	4
10	Базис эрозии 500 м на высотах от 1500 и выше, h, м, ранг	3	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
11	Базис эрозии до 500 м на высотах от 1500 м и ниже, h, м, ранг	-	-	-	-	-	-
12	Рельеф с углами наклона до 15 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	-	-	-	-	-	-
13	Рельеф с углами наклона 15-20 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	3	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
14	Рельеф с углами наклона >20 <sup>0</sup> по генетическим типам грунтов, процессы, ранг	4	2	2	2	2	2
15	Мощность четвертичных отложений 0-5 м, при разных углах наклона рельефа, град, ранг	-	-	-	-	-	-
16	Мощность четвертичных отложений 5-12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг	3	2,5	2,5	2	2,5	2
17	Мощность четвертичных отложений более 12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг	3	2,5	2,5	2,5	3	3
18	Сели за год, объемом от 10 тыс. м <sup>3</sup> и более, N, ранг	5	2	2	2	2	2
19	Оползни за год, объем, V, м <sup>3</sup> , ранг	3	3	3	2,5	2,5	2,5



20	Обвалы – осыпи, объем, V, тыс.м <sup>3</sup> , ранг	4	3,5	4	4	4	4
21	Плоскостной смыв, на один км <sup>2</sup> , S, км <sup>2</sup> , ранг	3	2,5	2,5	2,5	2,0	2,0
22	Эрозионная деятельность рек «боковая эрозия», I, м/час, ранг	4	3	2,5	2,5	2,5	3
23	Солифлюкция при мощности захвата процессом по вертикали, h, м, ранг	3	3	3	3	3	2,5
24	Струйная эрозия на склонах с углами рельефа, град, ранг	3	3	2	2	2	3
25	Карстообразование, проявления на км <sup>2</sup> площади, N, ранг	3	2	2	2	2	2
26	Лавины, за год, N, ранг	5	4	3,5	4	3,5	4
27	Ледники и глетчеры, события паводкового типа, за год, N, ранг	4	3,5	3	4	3,0	3
28	Сумма максимальных воздействий факторов $W = \sum W_{\max i}$ и суммы рисков $R = \sum R_i$ , ранг	89	70,5	69,5	70,0	69,0	68,0
29	Уязвимость $D = R/W$ или геоэкологическое состояние площадки	1	0,79	0,78	0,79	0,78	0,76