

УДК 551.2.01-551.3.053

DOI: 10.46698/VNC.2026.28.31.001

Оригинальная статья

Влияние геодинамических процессов на геозекологическое состояние горных территорий (Кармадонское ущелье)

М.О. Ревазов[✉], Д.А. Мельков[✉], О.Г. Бурдзиева[✉], И.Г. Архиреева[✉]

Геофизический институт Владикавказского научного центра РАН,
Россия, 362002, г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а,
e-mail: cgi_ras@mail.ru

Статья поступила: 03.02.2026, доработана: 24.03.2026, принята к публикации: 26.03.2026

Резюме: На территории Северного Кавказа значительно развиты опасные экзогенные процессы различной природы, в том числе, оползневые процессы. С ними связано большое число различных опасных чрезвычайных ситуаций. Активное развитие внутреннего туризма в России в последние годы способствует активной застройке, ранее не используемых высокогорных территорий Северного Кавказа, одновременно повышая и геозекологическую нагрузку, что определяет **актуальность** ее оценок. **Цель работы** – выявление и количественная оценка факторов, определяющих нагрузку на природные системы в зонах интенсивного и продолжительного антропогенного воздействия. **Методы.** Методологическая база исследования основана на экспертных оценках влияния литологических, геоморфологических, эндогенных, экзогенных и природно-климатических факторов, что позволяет ввести количественные параметры для анализа геодинамических процессов. **Результаты.** Установлено, что эндогенная активность является значительным фактором активизации экзогенных процессов, которые характеризуются устойчивой приуроченностью к тектоническим нарушениям и узлам разноранговых разрывных структур, очаговым зонам сейсмической и вулканоплутонической активности. Оценка уровня геозекологической нагрузки предполагает необходимость выявления факторов, формирующих их. Появляется возможность прогноза уровня воздействия природно-техногенной нагрузки и разработки мероприятий по смягчению тяжести последствий развития опасных природных процессов и проявления опасных экзогенных процессов: оползней, селей, обвалов при практическом строительстве.

Ключевые слова: геодинамические воздействия и их факторы, эндогенные и экзогенные процессы, экспертные оценки, геозекологические нагрузки и риски.

Для цитирования: Ревазов М.О., Мельков Д.А., Бурдзиева О.Г., Архиреева И.Г. Влияние геодинамических процессов на геозекологическое состояние горных территорий (Кармадонское ущелье). *Геология и геофизика Юга России*. 2026. 16(1): 217-227. DOI: 10.46698/VNC.2026.28.31.001

DOI: 10.46698/VNC.2026.28.31.001

Original paper

Influence of geodynamic processes on the geoecological state of mountain areas (Karmadon gorge)

M.O. Revazov^{ORCID}, D.A. Melkov^{ORCID}, O.G. Burdzieva^{ORCID}, I.G. Arkhireeva^{ORCID}

Geophysical Institute, Vladikavkaz Scientific Center, Russian Academy of Sciences,
93a Markova Str., Vladikavkaz 362002, Russian Federation,
e-mail: cgi_ras@mail.ru

Received: 03.02.2026, revised: 24.03.2026, accepted: 26.03.2026

Abstract: Hazardous exogenic processes of various natures, including landslides, are widespread in the North Caucasus. These processes are associated with a large number of hazardous emergency situations. The rapid development of domestic tourism in Russia in recent years has fueled the development of previously unused high-mountain areas of the North Caucasus, simultaneously increasing geoecological load, making assessments relevant. **The aim** of this study is to identify and quantify the factors determining the loadings on natural systems in areas of intense and long-term anthropogenic impact. **Methods.** The study's methodological framework is based on expert assessments of the influence of lithological, geomorphological, endogenous, exogenous, and natural-climatic factors, enabling the introduction of quantitative parameters for the analysis of geodynamic processes. **Results.** It has been established that endogenous activity is a significant factor in the activation of exogenous processes, which are characterized by a stable association with tectonic faults and nodes of various fault structures, as well as focal zones of seismic and volcanoplutonic activity. Assessing the level of geoecological loadings requires identifying the governing factors. This makes it possible to predict the impact of natural and technogenic loadings and develop measures to mitigate the severity of the consequences of hazardous natural processes and the occurrence of hazardous exogenous processes, such as landslides, mudflows, and rockfalls during construction.

Keywords: geodynamic impacts and their factors, endogenous and exogenous processes, expert assessments, geoecological loadings and risks.

For citation: Revazov M.O., Melkov D.A., Burdzieva O.G., Arkhireeva I.G. Influence of geodynamic processes on the geoecological state of mountain areas (Karmadon gorge). *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. (in Russ.). 2026. 16(1): 217-227. DOI: 10.46698/VNC.2026.28.31.001

Введение

Северный Кавказ представляет собой уникальный полигон для изучения опасных геологических процессов, где их возникновение и интенсивность определяются сложной взаимосвязью эндогенных и экзогенных факторов [Гончаренко и др., 2008; Стасенко и др., 2023; Габараев и др., 2023; Яицкая и др., 2023]. Формирование современной геодинамической обстановки в регионе обусловлено, прежде всего, активной тектоникой, связанной с продолжающейся коллизией Евразийской и Аравийской литосферных плит. Это проявляется в высокой сейсмичности (до 8–9 баллов), развитой сети активных разломов и продолжающемся горообразовании, создающем значительные градиенты рельефа и напряжённое состояние горных пород. Непосредственно на тектонический каркас накладываются литолого-структурные предпосылки. Широкое распространение дислоцированных, трещиноватых осадочных пород (глинистые сланцы, аргиллиты, меловые флишевые толщи) в сочетании с крутыми склонами создаёт иде-

альные условия для развития склоновых процессов. Климатический фактор, характеризующийся резкой континентальностью в высокогорьях и повышенным количеством осадков на наветренных склонах, выступает основным экзогенным триггером. Интенсивное выветривание, ливневые дожди и сезонное снеготаяние постоянно поставляют обломочный материал, повышают поровое давление и снижают прочность грунтов.

В последние десятилетия решающую роль в активизации и развитии геологических рисков стал играть антропогенный фактор. Неконтролируемое освоение склонов под застройку, создание искусственных подпрудных водоёмов, подрезка оснований склонов при дорожном строительстве, перегрузка отвалов и неэффективный дренаж коренным образом изменяют естественный баланс напряжений и фильтрации. В результате на территории Северного Кавказа природная предрасположенность к развитию оползней, обвалов и селей многократно усиливается хозяйственной деятельностью, что формирует комплексную задачу оценки многофакторных рисков.

В настоящее время оползневая опасность на территории Республики Северная Осетия–Алания сохраняется на высоком уровне, оставаясь одним из наиболее дестабилизирующих факторов для устойчивого развития горных территорий. Основные очаги активности сосредоточены в зонах со сложным сочетанием геологических, тектонических и климатических условий: это, прежде всего крутые склоны Скалистого и Пастбищного хребтов, борта ущелий рек Терек, Ардон, Фиагдон, Гизельдон, а также плотно застроенные территории в окрестностях Владикавказа и других населённых пунктов.

Для комплексного анализа взаимодействия указанных факторов и оценки эффективности методов прогноза выбрано Кармадонское ущелье, представляющее собой концентрированное проявление практически всех ключевых опасных геологических процессов, характерных для Северного Кавказа, а его трагическая история, связанная с катастрофическим сходом ледника Колка в 2002 году, делает его уникальным природным лабораторным полигоном.

В геологическом строении изучаемого района принимают участие осадочные, вулканогенные, магматогенные и метаморфогенные образования, охватывающие возрастную интервал от верхнего протерозоя до кайнозоя включительно. Район характеризуется интенсивным развитием складчатых и разрывных структур, обусловленных его положением в центральной части складчатого сооружения Большого Кавказа.

Древний фундамент (протерозой и палеозой) сложен метаморфическими образованиями, представленными кассарской толщей (PR₂ks) – амфиболитами и различными сланцами (кварц-слюдистыми, андалузитовыми, гранатовыми), – а также согласно залегающей на ней мидаграбындонской свитой (С₃-P₁md) верхнего карбона-перми. Последняя сложена кварцевыми песчаниками, алевролитами, филлитовидными сланцами и конгломератами, примечательными наличием медистых песчаников.

Основную роль в строении ущелья играют мощные толщи мезозоя. К триас-раннеюрскому возрасту (со спорным присутствием триаса) относится циклаурская свита (Т?-J₁ck). Её отличительная черта – обилие вулканогенных пород основного состава (андезито-базальты, габброиды), образующих потоки, силлы и дайки среди глинистых сланцев, алевролитов и песчаников. Мощность свиты достигает 3000 м.

Нижнеюрский период представлен серией терригенных толщ (кистинская, белореченская, мизурская, галиатская, ксуртская свиты), сложенных преимущественно глинистыми сланцами, алевролитами и песчаниками. Для галиатской свиты (J₁gl) характерен горизонт сидеритовых конкреций. Отложения средней юры представлены глинистыми сланцами, аргиллитами и песчаниками (свиты бейно, отзыкская, гудушаурская). Завершают разрез юры карбонатные породы иронской свиты (J₂-zir) – известняки и доломиты, слагающие эскарп Скалистого хребта.

Кайнозойские интрузии представлены дайками теплинского комплекса (N₂t) неогенового возраста (гранодиориты, кварцевые диориты), приуроченными к Казбекскому узлу.

Четвертичные отложения покрывают значительную часть ущелья. Это ледниковые (морены), аллювиальные, делювиальные и коллювиальные (оползневые) образования, а также мощные лавовые потоки андезитов, дацитов и их туфов, связанные с деятельностью Казбекского вулканического центра (Qk). Отдельно отмечены последствия катастрофического схода ледника Колка в 2002 г., сформировавшего современный облик долины.

В тектоническом отношении район относится к антиклинорию Большого Кавказа. Основными структурами являются Геналдонская антиклиналь и Кауридонская синклиналь. Территория разбита густой сетью разломов преимущественно субширотного простирания (Терско-Фиагдонский, Даллагкау-Тменикауский взбросы и др.), которые создают блоково-складчатую, местами чешуйчатую структуру. Эти разломы часто являются зонами дробления и смятия пород, в то время как пути циркуляции минеральных вод (Нижне-Кармадонское и Верхне-Кармадонское месторождения) связывают с трещинами субмеридионального направления.

Гидрогеологические условия. Согласно официальной «Карты прогнозных ресурсов подземных вод, их добычи и извлечения по гидрогеологическим структурам ЮФО» масштаба 1:500 000, в структурно-гидрогеологическом отношении рассматриваемый район приурочен к восточному краю Центрально-Кавказской гидрогеологической складчатой области. Данная гидрогеологическая структура характеризуется наличием горно-складчатых сооружений, представляющих собой бассейны трещинных, трещинно-пластовых, трещинно-карстовых и трещинно-жильных вод зон тектонических нарушений и контактов. К межгорным и предгорным зонам приурочены артезианские бассейны и системы конусов выноса.

Метод зонирования высокогорных территорий по геоэкологическим нагрузкам

Район Кармадонского ущелья представляет собой сложную геодинамическую систему, где взаимодействие тектонических, литологических и экзогенных факторов определяет исключительно высокий мезозойский складчатый фундамент, интенсивно раздробленный системой субширотных разломов (Геналдонская антиклиналь, Центральный грабен), перекрытый чехлом юрских терригенных и карбонатных толщ и увенчанный четвертичными вулканитами Казбекского центра. Ключевым фактором нестабильности является наличие регионального горизонта пластичных, легко обводняемых ниже-среднеюрских глинистых сланцев (свиты мизурская, галиатская), которые выступают в роли главной плоскости скольжения для многочисленных оползней. Активная разгрузка термальных минеральных вод по трещинам в зонах разломов дополнительно снижает прочность пород. Антропогенная нагрузка и катастрофические гляциальные события (сход ледника Колка, 2002 г.) выступают в качестве триггеров, выводящих систему из квазиравновесного состояния. Настоящее исследование демонстрирует эффективность комплексного анализа геолого-тектонических, геофизических и геоморфологических данных для построения концептуальной 3D-модели территории, которая служит основой для оценки опасностей, прогноза их развития и планирования защитных мер.

Метод зонирования высокогорных территорий по геоэкологическим нагрузкам – это комплексный географический и геоэкологический подход, направленный на выделение зон с разной степенью устойчивости природной среды к антропогенным воздействиям и естественным геологическим процессам [Dilley et al., 2005; Cutter, 2008, 2014; Corominas et al., 2014; Jaedicke et al., 2014; Vranken et al., 2015]. Для оценки воздействия геодинамических и климатических факторов на окружающую среду использована пятибалльная шкала. В качестве показателя ранга рассматривается роль каждого фактора в развитии опасных геологических процессов, обуславливающая

изменение геоэкологической обстановки [Чотчаев и др., 2020; Заалишвили, Чотчаев, 2022; Бурдзиева и др., 2024 а].

В основу методологии положены экспертные оценки, определяющие максимальный ранг воздействия отдельных факторов [Гольцман, 1976, 1980]. Если на среду воздействуют N факторов, меняя геоэкологическое состояние участка, то уровень ранга 1 интенсивности будет соответствовать минимальному влиянию фактора, а уровень ранга 5 – максимальному [Заалишвили, 2000].

На исследуемой территории, были оценены соответствующие ранги и выполнено зонирование по геоэкологическим нагрузкам, обусловленным геодинамическими и климатическими воздействиями (рис. 1) [Чотчаев и др., 2021].

Факторы воздействия геодинамических и климатических процессов на геоэкологическое состояние высокогорных территорий Factors influencing geodynamic and climatic processes on the geocological state of high-mountain territories	Землетрясения в ближней зоне (R=50км), сейсмическая интенсивность, ранг Near-field earthquakes (R=50km), seismic intensity, rank		5
	Зона активного нарушения (плотность нарушений), км/км ² , ранг Active disturbance zone (disturbance density), km/km ² , rank	3	
	Зона пересечения субширотных и субмеридиональных нарушений от одного до четырех и выше (пересечение), N, ранг Zone of intersection of sublatitudinal and submeridional disturbances from one to four and higher (intersection), N, rank		4
	Зона развития трещинной тектоники, км/км ² , ранг Zone of development of fracture tectonics, km/km ² , rank		5
	Зоны, подверженные воздействию статических геофизических, геохимических полей в радиусе действия событий R, км, ранг Zones affected by static geophysical and geochemical fields within the radius of events R, km, rank	2	
	Зоны проявления событий сейсмодислокаций в пределах структурного блока, N, ранг Zones of seismic dislocation events within a structural block, N, rank	3	
	Распространение четвертичных отложений в интервалах высот, H, м, ранг Distribution of Quaternary deposits in height intervals, H, m, rank		4
	Коренные породы мягкие (до 50 МПа), обнаженность, проценты, ранг Bedrocks are soft (up to 50 MPa), exposure, percentage, rank	3	
	Базис эрозии 1000 м и более, на высотах от 2000 и выше, с учетом оледенения, h, м, ранг Erosion base 1000 m and more, at altitudes of 2000 and higher, taking into account glaciation, h, m, rank		4
	Базис эрозии 500 м на высотах от 1500 и выше, h, м, ранг Erosion base 500 m at altitudes of 1500 and above, h, m, rank	2	
	Рельеф с углами наклона до 15° по генетическим типам грунтов, процессы, ранг Relief with slope angles up to 15° by genetic soil types, processes, rank		3
	Рельеф с углами наклона 15-20° по генетическим типам грунтов, процессы, ранг Relief with slope angles of 15-20° by genetic soil types, processes, rank	2	
	Рельеф с углами наклона >20° по генетическим типам грунтов, процессы, ранг Relief with slope angles >20° by genetic soil types, processes, rank		3
	Мощность четвертичных отложений 0-5 м, при разных углах наклона рельефа, град, ранг The thickness of the Quaternary deposits is 0-5 m, at different angles of relief inclination, deg, rank	2	
	Мощность четвертичных отложений 5-12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг The thickness of the Quaternary deposits is 5-12 m, at different angles of relief inclination, deg, rank		3
	Мощность четвертичных отложений более 12 м, при различных углах наклона рельефа, град, ранг The thickness of the Quaternary deposits is more than 12 m, with different angles of relief inclination, deg, rank		3
	Сели за год, объемом от 10 тыс. м ³ и более, N, ранг Settlements per year, volume from 10 thousand m ³ and more, N, rank		5
	Оползни за год, объем, V, м ³ , ранг Landslides per year, volume, V, m ³ , rank	3	
	Обвалы – осыпи, объем, V, тыс. м ³ , ранг Landslides – talus, volume, V, thousand m ³ , rank		4
	Плоскостной смыв, на один км ² , S, км ² , ранг Sheet washout, per km ² , S, km ² , rank	3	
Эрозионная деятельность рек «боковая эрозия», I, м/час, ранг Erosive activity of rivers "lateral erosion", I, m/hour, rank		4	
Струйная эрозия на склонах с углами рельефа, град, ранг Jet erosion on slopes with relief angles, deg, rank	3		
Карстообразование, проявления на км2 площади, N, ранг Karst formation, manifestations per km2 area, N, rank	3		
Лавины, за год, N, ранг Avalanches, per year, N, rank		5	
Ледники и глетчеры, события паводкового типа, за год, N, ранг Glaciers and glaciers, flood type events, per year, N, rank		4	

Весовой рейтинг воздействия, W_{maxi}
Impact Weight Rating, W_{maxi}

Рис. 1. Факторы воздействия геодинамических и климатических процессов на геоэкологическое состояние высокогорных территорий и их ранжирование /
Fig. 1. Factors influencing geodynamic and climatic processes on the geocological state of high-mountain territories and their ranking

Каждый из факторов характеризуется определенным потенциалом W_i воздействия на площадку. Далее рассчитывались риски R_i проявления воздействия отдельного фактора с потенциалом W_i и с учетом геоэкологической уязвимости D_i (рис. 2) [Заалишвили, Чотчаев, 2022].

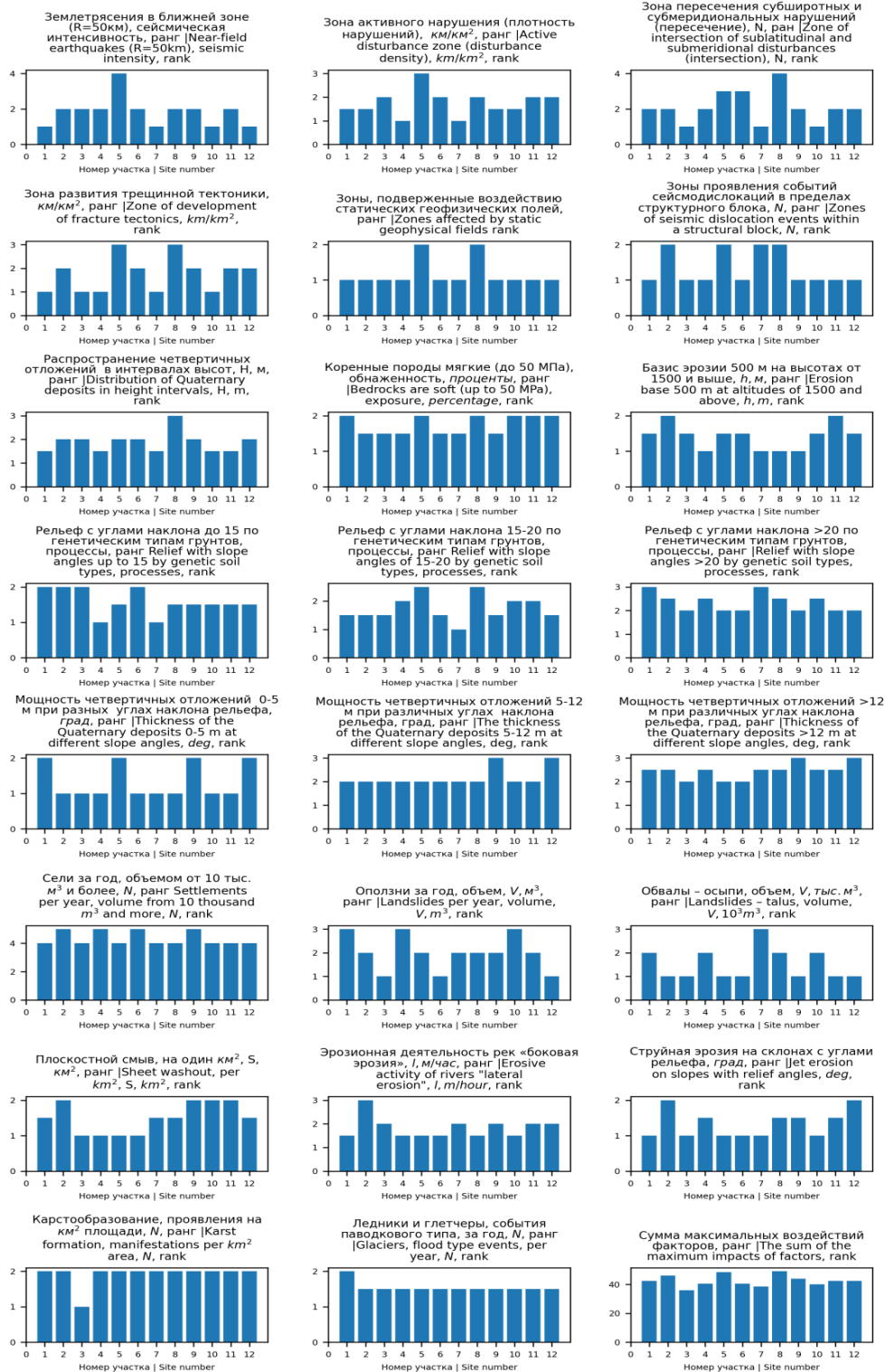


Рис. 2. Оценка факторов воздействия геодинамических и климатических процессов на отдельные зоны исследуемой территории /

Fig. 2. Assessment of the factors of influence of geodynamic and climatic processes on different parts of the study area

Результаты и обсуждение

Зонирование геоэкологической нагрузки (рис. 3) выполнено на основе весового вклада каждого из факторов, которые составили 4 центроидные группы нагрузки: слабую – 30–40 %; среднюю – 40–55 %; высокую – 55–70 % и регрессивную – выше 70 %. Расчеты выполнялись для таксонов 2×2 км на основе ГИС-технологий [Заалишвили, Чотчаев, 2022].

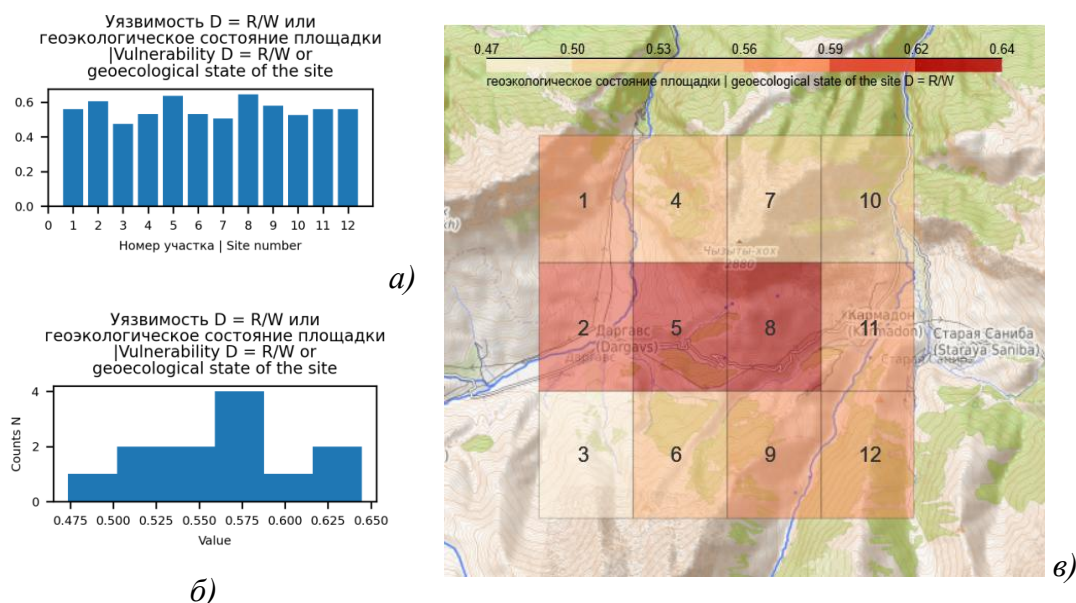


Рис. 3. Результаты ранжирования территории по комплексу факторов воздействия геодинамических и климатических процессов: оценка геоэкологического состояния отдельных зон (а), соответствующие гистограмма распределения (б) и схема (цифрами обозначены номера зон) (в)/

Fig. 3. Results of ranking the territory according to the complex of factors influencing geodynamic and climatic processes: assessment of the geoeological state of individual zones (a), corresponding distribution histogram (b) and scheme (the numbers indicate the zone numbers) (c)

Среднее значение геоэкологического состояния D исследуемой территории составило 0,56 (рис. 3б), зоны, которые можно отнести к данной категории составляют треть территории (3в). Экстремально высокие значения наблюдаются для зон 5 и 8 и имеют одинаковые значения $D = 0,64$. Выше среднего наблюдается значение для зоны 2, $D = 0,61$. К наиболее благоприятной следует отнести зону 3, $D = 0,47$, далее низкий уровень соответствует зоне 7, $D = 0,51$, и для трех зон 4, 6 и 9 – $D = 0,53$. Таким образом, ранжирование рисков воздействий на геоэкологическое состояние среды реализуется по уровням их проявления [Бондаренко и др., 2020; Стогний и др., 2019].

Геоэкологические нагрузки, согласно введенной ранее классификации [Чотчаев и др., 2020] на основе использования экспертных оценок, условно подразделяются на слабые, средние, высокие и регрессивные. Термин «регрессивный» был введен ранее в качестве показателя неустойчивости и опасного состояния толщи с высокой геоэкологической опасностью и риском [Чотчаев и др., 2020; Заалишвили, Чотчаев, 2022].

Видно, что при этом наибольшее проявление опасных процессов приходится на зону автодороги Даргавс-Кармадон, чем определяются высокие риски. Наибольший риск следует ожидать в зоне 2 – освоенной территории Даргавского сельского поселения.

Факторами, определяющими высокий уровень геоэкологического состояния, а именно зоны 5 и 8, являются развитие трещинной тектоники (при весовом рейтинге 5), проявление сейсмодислокаций (весовой рейтинг 3), средние углы наклона рельефа 15–20 градусов (весовой рейтинг 2). Кроме того зона 8 характеризуется наличием пересечений субширотных и субмеридиональных нарушений (весовой рейтинг 4) и распространением четвертичных отложений (весовой рейтинг 4). В свою очередь зона 5 является зоной активных нарушений (весовой рейтинг 3) и сейсмической активности (весовой рейтинг 5), большой мощности четвертичных отложений (весовой рейтинг 3). Таким образом, несмотря на одинаковый уровень суммарной оценки геоэкологического состояния, для данных зон есть как общие, так и различные факторы, определяющие высокий уровень геоэкологической нагрузки. Для зоны 2 можно выделить повышенное развитие эрозионных процессов, струйную эрозию на склонах (ранг 3).

Для безопасного использования инфраструктуры необходимо оценивать уровень воздействия геодинамической активности геотектонических и геоморфологических структур на этих территориях с помощью новейших программ для создания 3D-моделей и анализа ситуации на территориях (Scoops3D и т.д.) [Мельков, Ревазов, 2021; Бурдзиева и др., 2024 б]. Для практического строительства в горном регионе необходимо проводить детальные геофизические исследования и геолого-инженерные изыскания, что позволит исключить катастрофические последствия при возможной активизации экзогенных и иных процессов.

Выводы

1. Геоэкологическое состояние Кармадонского ущелья формируется под комплексным воздействием эндогенных (тектоническая раздробленность, сейсмичность, современные движения) и экзогенных (климат, рельеф, склоновые процессы) факторов. Ключевая роль принадлежит глубинным разломам и зонам тектонических нарушений, которые служат не только источниками геодинамической активности, но и основными каналами разгрузки термальных вод, снижающих устойчивость горных пород.

2. Важным фактором развития и последующего накопления четвертичных отложений являются эндогенные процессы. Многообразие литологического состава горных пород и активность геологических процессов обуславливают, в свою очередь, разнообразие генетических типов четвертичных отложений.

3. С помощью экспертных оценок произведены оценки вклада каждого фактора в формирование геоэкологической нагрузки и выполнено соответствующее зонирование на примере горного массива между долинами рек Гизельдон и Геналдон и прилегающими территориями.

4. Показана возможность прогноза уровня воздействия природно-техногенной нагрузки, что является основой разработки адекватных мероприятий по смягчению тяжести последствий развития опасных процессов. Полученные результаты могут служить основой для разработки высокоэффективных мероприятий по снижению геоэкологических рисков при планировании хозяйственного освоения горных территорий, выбора приоритетных участков мониторинга и инженерной защиты.

Литература

1. Бондаренко Н.А., Любимова Т.В., Стогний В.В. Интегральная оценка потенциальных геологических рисков Краснодарского края. // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2020. – Т. 26. № 2. – С. 188–200.

2. Бурдзиева О.Г., Ревазов М.О., Кортиев А.Л., Гогичев Р.Р. Влияние воздействия геодинамических процессов на геоэкологическую нагрузку горного региона. // Геология и геофизика Юга России. – 2024а. – Т. 14. № 4. – С. 166–179. DOI: 10.46698/VNC.2024.50.44.01.
3. Бурдзиева О.Г., Мельков Д.А., Ревазов М.О., Кортиев А.Л. Активизация оползневых процессов, обусловленная урбанизацией горных территорий. // Устойчивое развитие горных территорий. – 2024б. – Т. 16. № 4(62). – С. 1646–1658. DOI: 10.21177/1998-4502-2024-16-4-1646-1658.
4. Габараев А.Ф., Мельков Д.А., Кортиев А.Л., Козырев Е.Н. Влияние геоморфологических условий горного региона на интенсивность проявления опасных геологических процессов. // Геология и геофизика Юга России. – 2023. – Т. 10. № 4. – С. 198–212. DOI: 10.46698/VNC.2023.84.50.016.
5. Гольцман Ф.М. Комплексование наблюдений при распознавании геофизических объектов. // Физика Земли. – 1976. – № 7. – С. 40–54.
6. Гольцман Ф.М. Информационная содержательность эксперимента и учет корреляции нечисловых признаков при распознавании геофизических объектов. // Физика Земли. – 1980. – № 10. – С. 71–85.
7. Гончаренко О.А., Заалишвили В.Б., Караев Ю.И., Никитин М.Ю. Опасные геологические процессы Северного Кавказа. // В сборнике: Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа. Владикавказ: ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А, 2008. – С. 160–166.
8. Заалишвили В.Б. Методологические аспекты сейсмического микрорайонирования. // Теория сооружений и сейсмостойкость. ИСМИС им. К.С. Завриева АН Грузии. – Тбилиси, 2000. – С. 182–188.
9. Заалишвили В.Б., Чотчаев Х.О. Влияние геодинамических процессов на геоэкологическое состояние высокогорных территорий. Владикавказ: ГФИ ВНЦ РАН, 2022. – 230 с.
10. Мельков Д.А., Ревазов М.О. Оценка потенциальной оползневой опасности территории РСО–Алания по геоморфологическим и геологическим данным. // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. – 2021. – № 2(85). – С. 48–54.
11. Стасенко А.А., Данилин М.Н., Харченко В.М., Неркарарян А.Е. Геоморфологическое, геолого-тектоническое строение, геодинамические и экологические условия горы Машук и примыкающей территории центральной части района Кавказских Минеральных Вод. // Геология и геофизика Юга России. – 2023. – Т. 13. № 1. – С. 47–58. DOI: 10.46698/VNC.2023.74.77.004.
12. Стогний В.В., Стогний Г.А., Волкова Т.А., Любимова Т.В. Геоэкологические риски Северо-Западного Кавказа и их оценка. // Материалы VII Международной конференции «Опасные природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии». Владикавказ: ГФИ ВНЦ РАН, 2019. – С. 768–772.
13. Чотчаев Х.О., Бурдзиева О.Г., Заалишвили В.Б. Влияние геодинамических процессов на геоэкологическое состояние высокогорных территорий. // Геология и геофизика Юга России. – 2020. – Т. 10. № 4. – С. 70–100. DOI: 10.46698/VNC.2020.87.26.005.
14. 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. – 2021. – Т. 11. № 1. – С. 81–94. DOI: 10.46698/VNC. 2021.15.66.007.
15. Яицкая Н.А., Дзаганя Л.М., Бригида В.С. Геоэкологические опасности в условиях климатических изменений территорий субтропической зоны Кавказа. // Геология и геофизика Юга России. – 2023. – Т. 13. № 2. – С. 118–132. DOI: 10.46698/VNC.2023.54.85.010.
16. Corominas J., van Westen C., Frattini P., Cascini L., Mallet J.-P. et al. Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk. // Bulletin of Engineering Geology and Environment. – 2014. – Vol. 73. No. 2. – pp. 209–263.
17. Cutter S.L. Building disaster resilience: steps toward sustainability. // Challenges in Sustainability. – 2014. – Vol. 1(2). – pp. 72–79.
18. Cutter S.L., Finch C. Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards. // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2008. – Vol. 105(7). – pp. 2301–2306. DOI: 10.1073/pnas.0710375105.
19. Dilley M., Chen R.S., Deichmann W., Lerner-Lam A.L., Arnold M. Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis. – Washington D.C.: The World Bank, 2005.

20. Jaedicke C., Van Den Eeckhaut M., Nadim F., Hervas J., Kalsnes B., Vangelsten B., Smith J., Tofani V., Ciurean R., Winter V., Thygeson K., Syre T., Smebye H. Identification of landslide hazard and risk 'hotspots' in Europe. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. – 2014. – Vol. 73. – pp. 325–339 DOI: 10.1007/s10064-013-0541-0.

21. Vranken L., Vantilt G., Van Den Elckhaut M., Vandekerckhove L., Poesen J. Landslide risk assessment in densely populated hilly area. // *Landslides*. – 2015. – Vol. 12. No. 4. – pp. 787–798.

References

1. Bondarenko N.A., Lyubimova T.V., Stogniy V.V. Integrated assessment of potential geological risks in the Krasnodar Region. *INTERKARTO. INTERGIS*. 2020. Vol. 26. No. 2. pp. 188–200. (In Russ.)

2. Burdzieva O.G., Revazov M.O., Kortiev A.L., Gogichev R.R. Influence of geodynamic processes on the geocological load of mountain region. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2024a. Vol. 14. No. 4. pp. 166–179. DOI: 10.46698/VNC.2024.50.44.01. (In Russ.)

3. Burdzieva O.G., Melkov D.A., Revazov M.O., Kortiev A.L. Activation of landslide processes caused by urbanization of mountainous territories. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2024b. Vol. 16. No. 4(62). pp. 1646–1658. DOI: 10.21177/1998-4502-2024-16-4-1646-1658. (In Russ.)

4. Gabaraev A.F., Melkov D.A., Kortiev A.L., Kozyrev E.N. Influence of geomorphological conditions of a mountain region on the intensity of hazardous geological processes. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2023. Vol. 13. No.4. pp. 198–212. DOI: 10.46698/VNC.2023.84.50.016. (In Russ.)

5. Goltsman F.M. Integration of observations in recognition of geophysical objects. *Physics of the Earth*. 1976. No. 7. pp. 40–54. (In Russ.)

6. Goltsman F.M. Information content of the experiment and accounting for the correlation of non-numerical features in recognition of geophysical objects. *Physics of the Earth*. 1980. No. 10. pp. 71–85. (In Russ.)

7. Goncharenko O.A., Zaalishvili V.B., Karaev Yu.I., Nikitin M.Yu. Hazardous geological processes of the North Caucasus. In: *Hazardous natural and man-made geological processes in the mountainous and foothill areas of the North Caucasus*. Vladikavkaz. CGI VSC RAS and RNO-A. 2008. pp. 160–166. (In Russ.)

8. Zaalishvili V.B. Methodological aspects of seismic microzoning. Theory of structures and seismic resistance. *ISMIS named after K.S. Zavriev*. Georgian Academy of Sciences. Tbilisi. 2000. pp. 182–188. (In Russ.)

9. Zaalishvili V.B., Chotchaev H.O. Influence of geodynamic processes on the geocological state of high-mountain territories. Vladikavkaz. GPI VSC RAS. 2022. 230 p. (In Russ.)

10. Melkov D.A., Revazov M.O. Assessment of potential landslide hazard of the territory of RNO-Alania based on geomorphological and geological data. *Proceedings of the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2021. Vol. 2(85). pp. 48–54. (In Russ.)

11. Stasenko A.A., Danilin M.N., Kharchenko V.M., Nerkararian A.E. Geomorphological, geological and tectonic structure, geodynamic and ecological conditions of Mount Mashuk and the adjacent territory of the central part of the Caucasus Mineralnye Vody region. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2023. Vol. 13. No. 1. pp. 47–58. DOI: 10.46698/VNC.2023.74.77.004. (In Russ.)

12. Stogniy V.V., Stogniy G.A., Volkova T.A., Lyubimova T.V. Geocological risks of the North-West Caucasus and their assessment. In: *Proceedings of the VII International Conference "Hazardous Natural and Man-Made Processes in Mountainous Regions: Models, Systems, Technologies"*. Vladikavkaz. GPI VNC RAS. 2019. pp. 768–772. (In Russ.)

13. Chotchaev Kh. O., Burdzieva O. G., Zaalishvili V. B. Influence of geodynamic processes on the geocological state of high mountain areas. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2020. Vol. 10. No. 4. pp. 70–100. DOI: 10.46698/VNC.2020.87.26.005. (In Russ.)

14. Chotchaev Kh.O., Burdzieva O.G., Zaalishvili V.B. Zoning of high mountainous areas by geocological loads caused by geodynamic and climatic influences. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2021. Vol. 11. No. 1. pp. 81–94. DOI: 10.46698/VNC. 2021.15.66.007. (In Russ.)

15. Yaitskaya N.A., Dzaganiiia L.M., Brigida V.S. Geoecological hazards in context of climate change of territories of Caucasus subtropical zone. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2023. Vol. 13. No. 2. pp. 118–132. DOI: 10.46698/VNC.2023.54.85.010. (In Russ.)
16. Corominas J., van Westen C., Frattini P., Cascini L., Mallet J.-P. et al. Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk. *Bulletin of Engineering Geology and Environment*. 2014. Vol. 73. No. 2. pp. 209–263.
17. Cutter S.L. Building disaster resilience: steps toward sustainability. *Challenges in Sustainability*. 2014. Vol. 1(2). pp. 72–79.
18. Cutter S. L., Finch C. Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2008. Vol. 105(7). pp. 2301–2306. DOI: 10.1073/pnas.0710375105.
19. Dilley M., Chen R.S., Deichmann W., Lerner-Lam A.L., Arnold M. *Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis*. Washington D.C. The World Bank. 2005.
20. Jaedicke C., Van Den Elckhaut M., Nadim F., Hervas J., Kalsnes B., Vangelsten B., Smith J., Tofani V., Ciurean R., Winter V., Thygeson K., Syre T., Smebye H. Identification of landslide hazard and risk ‘hotspots’ in Europe. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. 2014. Vol. 73. pp. 325–339. DOI: 10.1007/s10064-013-0541-0.
21. Vranken L., Vantilt G., Van Den Elckhaut M., Vandekerckhove L., Poesen J. Landslide risk assessment in densely populated hilly area. *Landslides*. 2015. Vol. 12. No. 4. pp. 787–798.