

УДК 551.435.6(470.64)

DOI: 10.46698/q1139-5846-0507-q

Оригинальная статья

Селевая активность в горах Центрального Кавказа в 2025 году

В.А. Караваев¹, А.Н. Гуня¹, С.В. Харченко^{1,2}, С.С. Семиноженко³

¹ Институт географии РАН, Россия, 119017, г. Москва, Старомонетный пер., 29, стр. 4,
е-mail: vadimka_ig@mail.ru; a.n.gunya@igras.ru; har4enkkoff@yandex.ru;

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Россия, 119991, г. Москва, ул. Ленинские горы, 1;

³ Рослесинфорг, Россия, 109316, г. Москва, Волгоградский пр., 45, стр. 1,
е-mail: grey_wolf.88@mail.ru

Статья поступила: 07.11.2025, доработана: 15.12.2025, принята в печать: 18.12.2025

Резюме: Актуальность исследования вызвана необходимостью выявления причин схода крупных селей, участвовавших в последние десятилетия. **Цель исследования** – выявление специфики течения экзогенных процессов, проявляющихся циклично, и оценка вклада основных факторов в их активность. **Методы исследования** включают полевой мониторинг ключевых объектов – очагов развития экзогенных процессов, анализ графиков основных факторов их развития – осадков, температуры воздуха и сейсмичности, а также диаграмм расчётной величины – переходов температуры через 0° С. Обследования в поле сопровождались высокоточной лидарной съёмкой территории исследования с квадрокоптера, которая позволяет отследить последствия экстремальных экзогенных процессов для ключевых природных территориальных комплексов. Мониторинг экзогенных процессов проводился в долинах рек Черек Балкарский и Карасу на Центральном Кавказе для выявления специфики течения экзогенных процессов и оценки вклада основных факторов в их активность. **Результаты.** Анализ сошедших в 2012 и 2017 гг. крупных селей привел к следующим выводам: сходы были спровоцированы сложением неявных проявлений факторов селевой активности и накоплением критической массы обломочного материала различными склоновыми процессами. По достижении критической массы, даже при слабом воздействии любого из факторов, происходит следующий сход. Факторы: осадки, температура воздуха, сейсмичность, морозное выветривание, морфологию рельефа, состав обломочного материала и его морфологические особенности. На сходы в обоих случаях повлияли слабые землетрясения, а в 2017 г. дополнительно – небольшое повышение температуры воздуха в высокогорье. В июле 2025 г. снова сошли многочисленные крупные сели, в некоторых местах в два этапа.

Ключевые слова: цикл, сели, факторы, кумулятивный эффект, Центральный Кавказ.

Благодарности: Полевые экспедиционные работы с использованием БПЛА, положенные в основу представленного исследования, проведены при финансовой поддержке гранта РНФ № 25-17-00143. Анализ данных проводился в соответствии с Государственным заданием Института географии РАН, FMWS 2024-0005 и FMWS 2024-0007.

Для цитирования: Караваев В.А., Гуня А.Н., Харченко С.В., Семиноженко С.С. Селевая активность в горах Центрального Кавказа в 2025 году. *Геология и геофизика Юга России*. 2025. 15(4): 259–296. DOI: 10.46698/q1139-5846-0507-q

DOI: 10.46698/q1139-5846-0507-q

Original paper

Debris flow activity in the Central Caucasus Mountains in 2025

V.A. Karavaev¹, A.N. Gunya¹, S.V. Kharchenko^{1,2}, S.S. Seminozhenko³

¹ Institute of Geography, Russian Academy of Sciences,
29/4 Staromonetnyi per., Moscow 119017, Russian Federation,
e-mail: vadimka_ig@mail.ru; a.n.gunya@igras.ru; xar4enkkoff@yandex.ru;

² Lomonosov Moscow State University, 1 Leninskie Gory, Moscow 119991,
Russian Federation;

³ Roslesinforg, 45/1 Volgogradsky pr., Moscow 109316, Russian Federation,
e-mail: grey_wolf.88@mail.ru

Received: 07.11.2025, revised: 15.12.2025, accepted: 18.12.2025

Abstract: The relevance of the study is caused by the need to identify the causes of large mudflows, which have become more frequent in recent decades. **The aim** of the study is to identify the specific features of cyclical exogenous processes and assess the contribution of the main factors to their activity. **Research methods** include field monitoring of key objects – the sources of exogenous processes, analysis of graphs showing the main factors of their development (precipitation, air temperature and seismicity), as well as diagrams of the calculated value – temperature transitions through 0° C. Field surveys were accompanied by high-precision LiDAR survey of the study area from a quadcopter, which allows tracking the consequences of extreme exogenous processes on key natural territorial complexes. Monitoring of exogenous processes was carried out in the valleys of the Cherek Balkarsky and Karasu rivers in the Central Caucasus to identify the specific features of the exogenous processes and assess the contribution of the main factors to their activity. **Results.** Analysis of large mudflows that occurred in 2012 and 2017 led to the following conclusion: the flows were triggered by the combination of subtle manifestations of mudflow activity factors, including the accumulation of a critical mass of debris by various slope processes. Once the critical mass is reached, even a weak impact from any of the factors, triggers the next mudflow. The factors include precipitation, air temperature, seismicity, frost weathering, morphology of relief, the composition of the debris, and its morphological features. In both cases, the flows were influenced by weak earthquakes and, in 2017, by a slight increase in air temperature in the highlands. In July 2025, numerous large mudflows occurred again, in some places in two stages.

Keywords: cycle, mudflow, factors, cumulative effect, Central Caucasus.

Acknowledgments: The based fieldwork, which formed the basis of this study, was supported by Russian Science Foundation Grant No. 25-17-00143. Data analysis was conducted in accordance with State Assignment of the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences No. FMWS 2024-0005 and No. FMWS 2024-0007.

For citation: Karavaev V.A., Gunya A.N., Kharchenko S.V., Seminozhenko S.S. Debris flow activity in the Central Caucasus Mountains in 2025. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. (in Russ.). 2025. 15(4): 259–269. DOI: 10.46698/q1139-5846-0507-q

Введение

Цикличность природных процессов, как краткосрочная, так и долговременная, отмечается во многих исследованиях. К последней относится мегацикличность геологической истории Земли, на которую наложены вариации более высоких порядков – циклы Бертрана (150–200 млн лет), Штилле (40–45 млн лет), циклы с пе-

риодом 3–5 млн лет, длительность которых соотносится с ярусным расчленением стратиграфической шкалы фанерозоя, циклами с периодами от 400–100 тыс. лет до 1–2 тыс. лет, наноциклическостью – от 452 до 11–9 лет, а кроме того, годовая и суточная циклическости, связанные со сменой времён года, а также дня и ночи [Хаин, 2003, 2010].

Магнитное поле Земли также подвержено циклическости – геофизической. Так, периодическим 30...45-летним изменениям климата Русской равнины соответствуют фазы активности в этом же временном диапазоне многих метеорологических и геофизических явлений – от тектоники и вулканизма до полярных сияний и магнитных бурь [Боголепов, 1908]. Зависимость геофизических явлений на Земле и в околоземном пространстве – магнитного поля, вулканизма и тектоники – от их космического начала была подтверждена А.Л. Чижевским [Chizhevsky, 1938].

Согласно современным представлениям, георитмы Земли проявляются в диапазонах 2...5, 7...12, 19...22, 80...100, 1800...2000 лет, отражаясь в квазициклическости эндогенных и экзогенных процессов и являясь результатом влияния на литосферу циклически меняющихся космогенных и глобальных геофизических факторов [Максимов, 2005].

В контексте представляемого в статье исследования важно дискуссионное положение о том, что активизация снежных лавин в горах и селей, цунами и землетрясений приходится на максимумы внутривековых и, в особенности, вековых прохладно-влажных периодов и циклов солнечной активности и наиболее проявляется в начале и в конце таковых периодов [Кривенко, 1992]. Как показывают исследования динамики экзогенных процессов в горных регионах, наложение разных факторов значительно осложняет выявление закономерностей, вынуждая детализировать событийную историю, укрупнять масштаб, обращая при этом особое внимание на триггерный эффект [Кюнтцель, 1992; Chen et al., 2022; La Porta et al., 2024; Bhambri et al., 2019; Prenner et al., 2019; Donnini et al., 2023].

Постановка задачи: цикл экстремальных экзогенных процессов

В горах формируются особенные типы геосистем, обязанные своим происхождением экзогенным процессам – лавинные, селевые, обвально-осыпные и т.д. Выявление и исследование таких комплексов представляет как теоретическую, так и прикладную ценность. Для этого на территории исследования, расположенной на среднегорных и высокогорных участках, с 2009 г. регулярно обследуется 10 ключевых, наиболее репрезентативных, очагов развития экстремальных экзогенных процессов: селево-лавиновых комплексов Метиан-Суу¹ (в верховьях р. Черка Балкарского), Тютюн-Су (в среднем его течении), Ахсу и Ортозюрк (притоки р. Карасу в её верхнем течении), безымянного ручья в долине р. Лъкези, оползня в долине р. Карасу, очагов активности обвально-осыпных процессов в долине Лъкези и на участках, примыкающих к ледникам Штулу Западный и Штулу Восточный, а также осыпи в верхнем течении р. Черка Балкарского. Мониторинг экзогенных процессов и анализ факторов их активности проводится для выявления специфики течения, оценки вклада основных факторов в их активность и отслеживания динамики природных территориальных комплексов ключевых объектов.

¹ Мы приводим название этой реки по дорожному знаку, установленному на федеральной трассе. В Реестре зарегистрированных в АГКГН географических названий объектов на 24.03.2025 Кабардино-Балкарской Республики и на многих картах она называется Ортозюрк.

В 2012 г. и 2017 г. в отсутствие существенных осадков и высокой температуры воздуха в высокогорье, которая обеспечила бы таяние ледников и снежников, питающих селево-лавиновые геосистемы, там сошли крупные сели. Это подвело нас к гипотезе, согласно которой сходы были спровоцированы сложением, возможно, неявных, одновременных или предварительных проявлений как основных, так и второстепенных факторов селевой активности по накоплению критической массы обломочного материала различными склоновыми процессами [Караваев, Семиоженко, 2016]. В таких условиях даже небольшое поступление воды способно вывести систему из равновесия. Также мы предположили, что подобная ситуация повторяется периодически, а процессы, предвещающие сходы селей и обеспечивающие накопление материала и влагозарядку грунта, образуют цикл.

Суть цикла состоит в том, что экстремальные экзогенные процессы, связанные с накоплением и перемещением обломочного материала – обвально-осыпные процессы и сели – подвержены цикличности. Схема цикла: после схода крупных селей в горном ландшафте в результате обвально-осыпных, русловых процессов, сходов лавин начинает накапливаться обломочный материал. По достижении критической массы, даже при слабом воздействии любого из факторов, случается следующий сход. Основные факторы, приводящие к формированию цикла: осадки, температура воздуха, сейсмичность [Караваев и др., 2022]², морозное выветривание, морфометрические показатели рельефа, состав обломочного материала и его морфологические особенности³, ландшафт в целом [Васьков и др., 2023]. Новизной подхода является совместный анализ различных факторов, который позволил выявлять «кумулятивный эффект», при котором складываются даже слабые их проявления, способные вызвать финальный сход селя, завершающий цикл. Стабильному его течению способствует соответствие средним многолетним трендам как абсолютных показателей факторов, меняющихся во времени – температуры воздуха, осадков, морозного выветривания, сейсмичности, – так и их временного хода – суточного, недельного, месячного и т.д. После схода селей отмечаются часто медленные процессы динамики и эволюции, которые могут привести к следующему сходу [Novak et al., 2025].

В связи с массовыми сходами крупных селей в различных горных районах Центрального Кавказа во второй половине июля 2025 года возникла необходимость в анализе основных факторов их формирования в предшествующее этому время.

Методика исследования

Методика исследования основывается с одной стороны, на полевом мониторинге ключевых объектов – очагов развития экзогенных процессов, с другой – на совместном анализе графиков основных факторов их развития – осадков, температуры воздуха и сейсмичности, а также диаграмм расчётной величины – переходов температуры через 0° С, которые характеризуют морозное выветривание, разрушающее горные породы. В 2025 г. методика была дополнена высокоточной лидарной съёмкой территории исследования с квадрокоптера, которая позволяет отследить

² Район исследования входит в сейсмически активную южную часть Европейской России – полосу в 200...300 км шириной вдоль государственной границы, где возможны землетрясения интенсивностью до 10 баллов (по 12-балльной шкале интенсивности землетрясений Медведева–Шпонхойера–Карника – MSK-64) [Уломов, 2008].

³ Учёт этого фактора предполагает изучение характеристик грунтов, провоцирующих их ответные реакции на действия других факторов [Зеркаль, Фоменко, 2016]. В частности, оценку нелинейных свойств грунтов, проявляющихся при сейсмических воздействиях [Заалишвили и др., 2021].

последствия экстремальных экзогенных процессов для ключевых природных территориальных комплексов, которые подверглись их воздействию и оценить восстановительную динамику местных ландшафтов [Ma et al., 2025; Weidner et al., 2021].

Результаты и их обсуждение

Сошедшие во 2-й половине июля 2025 г. серии крупных селей не только по р. Герхожану (рис. 1), но и в других районах Центрального Кавказа (в частности, в долинах р. Черёка Балкарского, его истоков и притоков) свидетельствуют о завершении цикла экстремальных экзогенных процессов в этом регионе, который продлился 8 лет.



Рис. 1. Прохождение селевого потока через лоток в г. Тырнаузе 31 июля 2025 г. /

Fig. 1. Debris flow passing through a chute in the Tynda city on July 31, 2025

В бассейне Черёка Балкарского во 2-й половине июля 2025 г. сошли многочисленные крупные сели. Очевидной метеорологической предпосылкой послужил сильный ливень, накрывший эти места во второй половине дня 21 июля. В 2025 г. в бассейне Черёка Балкарского летняя погода была в целом теплее и дождливее, чем в предыдущем, но с относительно сухим июлем – месяцем, когда в горах как раз и сошли крупные многочисленные сели: в мае средняя температура составляла $8,3^{\circ}\text{C}$ – на $2,3^{\circ}$ выше, чем годом ранее и значительно более влажным – $146,7\text{ мм}$ – на 40 мм больше, июнь был значительно, на $3,5^{\circ}$, холоднее и влажнее июня прошлого года – $10,3^{\circ}\text{C}$ при $90,4\text{ мм}$ осадков, что на 23 мм больше; в июле, наиболее важном для 2025 года месяце с точки зрения селевой активности, – $14,6^{\circ}\text{C}$ – на градус выше, чем годом раньше при меньших – на 30 мм , чем в июле 2024 г. – осадках ($81,6\text{ мм}$); в первой декаде августа – $14,2^{\circ}\text{C}$ при $67,1\text{ мм}$ осадков [Архив погоды в Терсколе // https://rp5.ru/%D0%90%D1%80%D1%85%D0%B8%D0%B2_%D0%BF%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%8B_%D0%B2_%D0%A2%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B5].

Морозное выветривание в горах Центрального Кавказа в осенне-зимний период 2024/25 годов было намного менее активным по сравнению с аналогичным сезоном

4 – Фактическая месячная сумма осадков, мм; 5 – Многолетняя средняя месячная сумма осадков, мм; 6 – Аномалия осадков, мм (факт минус многолетнее среднее); 7 – Число дней за месяц с переходами температуры через 0 °C; 8 – Расчётная интенсивность землетрясений в баллах по шкале MMI согласно глобальной модели Allen-Wald-Worden (2012), калиброванной для активной коры; 9 – Интенсивность землетрясений в баллах по шкале ШСИ-17, вычисленная по уравнению макросейсмического поля из ГОСТ Р 57546–2017 с коэффициентами для Северного Кавказа /

Fig. 2. Factors forming extreme exogenous processes in 2021–25:

1 – Actual average monthly air temperature, °C; 2 – Long-term average monthly air temperature, °C; 3 – Temperature anomaly, °C (actual minus long-term average); 4 – Actual monthly precipitation, mm; 5 – Long-term average monthly precipitation, mm; 6 – Precipitation anomaly, mm (actual minus long-term average); 7 – Number of days per month with temperature transitions through 0 °C; 8 – Estimated earthquake intensity on the MMI scale according to the global Allen–Wald–Worden model (2012), calibrated for the active crust; 9 – Earthquake intensity in points on the SHSI-17 scale, calculated using the macroseismic field equation from GOST R 57546–2017 with coefficients for the North Caucasus

За последнее пятилетие на территории исследования и в близлежащих районах произошло 10 землетрясений интенсивностью от 2,9 до 5,6 баллов⁴. Наиболее заметное из них случилось в феврале 2023 г.: две волны, прошедшие в один день, имели интенсивность 3,8 и 5,6 баллов. Однако в зимнее, неселеопасное время они могли спровоцировать только сходы снежных лавин. Два аналогичных землетрясения, случившихся утром 2 июня 2024 г. в Кабардино-Балкарии с эпицентрами вблизи Нальчика и села Сармаково соответственно [Терещенко К. Два землетрясения произошли в горах Северного Кавказа // <https://kubnews.ru/obshchestvo/2024/06/02/dva-zemletryaseniya-proizoshli-v-gorakh-severnogo-kavkaza/>. Дата обращения 02.11.2024] не выступили «спусковым механизмом» для селей, как в 2017 г.

Эти землетрясения случились ещё слишком рано, в самом начале лета, а прохладная погода с небольшим равномерным увлажнением, отличавшая летний сезон 2024 г., не располагавшая к таянию ледников и снежников в высокогорье, питающих селевые потоки, предопределила спокойное течение экзогенных процессов в горных районах, как Западного Кавказа, так и Центрального. Кроме того, количество обломочного материала ещё не достигло тогда критического уровня. А вот землетрясение на Камчатке, которое произошло 30 июля 2025 г. и отозвалось в исследуемом районе интенсивностью 4,2 балла в тот день, когда прошёл 2-й этап сходов селей, вероятно, послужило провоцирующим фактором.

Во второй половине июля 2025 г. сели сошли в разных районах Центрального Кавказа: 22 июля вдоль дороги, ведущей к верховьям р. Черёка Балкарского (к слиянию Карасу и Дых-су) и далее вдоль р. Карасу нами отмечались 3 селевых выноса из сравнительно небольших долин длиной не более 2 км, но с крутым продольным профилем. Во всех трёх случаях сели диагностировались по свежим навалам глыбово-щебнистого материала на дороге в виде конусов выноса до 40–50 м в поперечнике. Традиционно селеносные Гюльчи-Су и Метиан-Суу в нижних частях, вдоль дороги, не содержали следы свежих селевых наносов, однако, по второму ручью сошёл селевой паводок (рис. 3), размывший дорогу и временно разорвавший транспортное сообщение (для невыездного транспорта) расположенных выше альплагерей с ближайшим населённым пунктом – селом Верхняя Балкария. Сравнение результатов лазерного сканирования 2025 г. с аэрофотосъёмкой 2022 г. показывает,

⁴ Для большей репрезентативности мы использовали 2 источника данных. В связи с этим, расчётные значения могут несущественно отличаться: ANSS Comprehensive Earthquake Catalog (ComCat) Documentation | U.S. Geological Survey // <https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards/anss-comprehensive-earthquake-catalog-comcat-documentation>. Дата обращения 22.11.2025.

что каких-либо существенных перестроек дна долины р. Метиан-Суу – за исключением боковых русловых деформаций – не было.

В то же время, заложенные в 2022 г. стационары на передвижение крупных обломков (окрашенные глыбы тремя поперечными профилями через днище с интервалом вниз по течению примерно 400–500 м) в днище были частично уничтожены, из них уцелел только верхний. Это в совокупности свидетельствует, вероятно, об активности селевых паводков, при отсутствии селей за рассмотренный период.

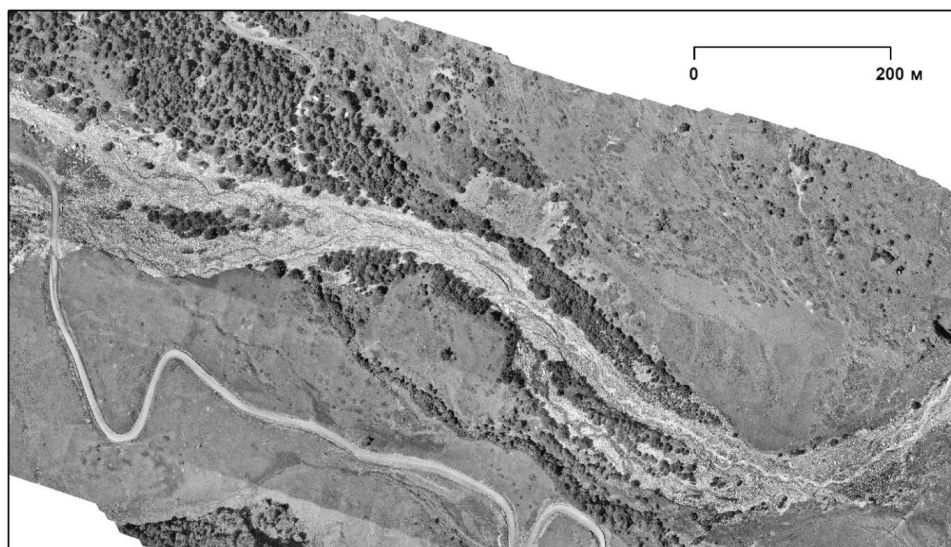


Рис. 3. Нижняя часть селеносной долины р. Метиан-Суу после схода селя 21 июля 2025 г. /

Fig. 3. The lower part of the debris flow-bearing valley of the Metian-Suu River after the debris flow on July 21, 2025



Рис. 4. Разрыв дороги селевым паводком 21 июля 2025 г. Область разрыва заштрихована /

Fig. 4. Road erosion by debris flow on July 21, 2025. The erosion area is shaded

Выводы

1. В июле 2025 г. сходами крупных селей цикл экстремальных экзогенных процессов закончился не только на исследуемой территории в Верхней Балкарии, но и в других районах Центрального Кавказа. Он продлился 8 лет. За это время накопи-

лась критическая масса обломочного материала. В некоторых местах сели сходили в два этапа.

2. «Спусковым механизмом» в 2025 г. послужили ливневые осадки и небольшое превышение температуры воздуха в зонах формирования для обоих этапов и, для 2-го этапа, вероятно, – землетрясение на Камчатке, произошедшее 30 июля и сказавшееся в исследуемом районе интенсивностью в 4,2 балла.

Литература

1. Боголепов М.А. О колебаниях климата Европейской России в историческую эпоху. М.: Тип. И.Н. Кушнерова и К°, 1908. – 112 с.
2. Васьков И.М., Гуня А.Н., Караев Ю.И. Ландшафты как индикаторы эндогенных энергопотоков планеты Земля. // Грозненский естественнонаучный бюллетень. – 2023. – Т. 8. № 1(31). – С. 6–16. DOI: 10.25744/genb.2023.66.94.001.
3. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Габараев А.Ф., Мерзликин Т.И. Нелинейные колебания грунтовой толщи по инструментальным и численным данным. // Геология и Геофизика Юга России. – 2021. – Т. 11. № 4. – С. 70–82. DOI: 10.46698/VNC.2021.77.59.006.
4. Зеркаль О.В., Фоменко И.К. Влияние различных факторов на результаты вероятностного анализа активизации оползневых процессов. // Инженерная геология. – 2016. – № 1. – С. 16–21.
5. Караваев В.А., Горбунов А.С., Семиноженко С.С. Роль слабых землетрясений в цикле экстремальных экзогенных процессов в горах Центрального Кавказа. // Геология и геофизика Юга России. – 2022. – Т. 12. № 4. – С. 6–18. DOI: 10.46698/VNC.2022.19.24.001.
6. Караваев В.А., Семиноженко С.С. Цикл экстремальных геоморфологических процессов в бассейне реки Черек Балкарский. // Геоморфология. – 2016. – № 2. – С. 34–40. DOI: 10.15356/0435-4281-2016-2-34-40.
7. Кривенко В.Г. Концепция внутривековой и многовековой изменчивости климата как предпосылка прогноза. // В сборнике: Климаты прошлого и климатический прогноз. М.: Ин-т охраны природы и заповедного дела, 1992. – С. 39–40.
8. Кюнтцель В.В. Универсальная система циклов в природе. // В сборнике: Циклы природных процессов, опасных явлений и экологическое прогнозирование. Вып. 2. М.: АЕНР, 1992. – С. 92–96.
9. Максимов Е.В. Ритмы на Земле и в Космосе. Тюмень: Мандр и Ка, 2005. – 312 с.
10. Уломов В.И. Выявление потенциальных очагов и долгосрочный прогноз сильных землетрясений на Северном Кавказе. // Коллективная монография: «Изменение окружающей среды и климата. Природные и связанные с ними техногенные катастрофы». Т. 1. Сейсмические процессы и катастрофы. / Под редакцией А.О. Глико. – М.: ИФЗ РАН, 2008. – С. 127–146.
11. Хаин В.Е. Об основных принципах построения подлинно глобальной модели динамики Земли. // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51. № 6. – С. 753–760.
12. Хаин В.Е. Основные проблемы современной геологии. 2-е изд. М.: Научный мир, 2003. – 348 с.
13. Bhambri R., Hewitt K., Kawishwar P., Kumar A., Verma A. et al. ice-dams, outburst floods, and movement heterogeneity of glaciers, Karakoram. // Global and Planetary Change. – 2019. – Vol. 180. – pp. 100–116. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2019.05.004.
14. Chen H., Ruan H., Chen J., Li X., Yu Y. Review of investigations on hazard chains triggered by river-blocking debris flows and dam-break floods. // Frontiers in Earth Science. – 2022. – Vol. 10. – Art. No. 830044.
15. Chizhevsky A.L. Les epidemies et les perturbations electromagnetiques du milieu exterieur. Paris: Hippocrate, 1938. – 239 p.
16. Donnini M., Santangelo M., Gariano S.L. et al. Landslides triggered by an extraordinary

rainfall event in Central Italy on September 15, 2022. // *Landslides*. – 2023. – Vol. 20. – pp. 2199–2211. DOI: 10.1007/s10346-023-02109-4.

17. La Porta G., Leonardi A., Pirulli M. et al. Time-resolved triggering and runout analysis of rainfall-induced shallow landslides. // *Acta Geotechnica*. – 2024. – Vol. 19. – pp. 1873–1889. DOI: 10.1007/s11440-023-01996-0.

18. Ma J., Luo B., Zhao Y. et al. Detection and automatic identification of landslide areas from the LiDAR point clouds using improved DBSCAN. // *Landslides*. – 2025. – Vol. 22. – pp. 3843–3854. DOI: 10.1007/s10346-025-02569-w.

19. Novak A., Vrabec M., Smuc A. Long-term post-event processes and major reactivation of a complex landslide: 2000–2023 evolution of the Ciprnik landslide, Julian Alps, Slovenia. // *Landslides*. – 2025. – Vol. 22. – pp. 4013–4027. DOI: 10.1007/s10346-025-02598-5.

20. Prenner D., Hrachowitz M., Kaitna R. Trigger characteristics of torrential flows from high to low alpine regions in Austria. // *The Science of the Total Environment*. – 2019. – Vol. 658. – pp. 958–972. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.206.

21. Weidner L., van Veen M., Lato M., Walton G. An algorithm for measuring landslide deformation in terrestrial lidar point clouds using trees. // *Landslides*. – 2021. – No. 18(11). – pp. 3547–3558.

References

1. Bogolepov M.A. On climate fluctuations in European Russia during the Historical Era. Moscow. Typography of I.N. Kushnerev and Co. 1908. 112 p. (In Russ.)

2. Vaskov I.M., Gunya A.N., Karaev Yu.I. Landscapes as indicators of endogenous energy flows planet Earth. *Grozny Natural Science Bulletin*. 2023. Vol. 8. No. 1(31). pp. 6–16. DOI: 10.25744/genb.2023.66.94.001. (In Russ.)

3. Zaalishvili V.B., Melkov D.A., Gabaraev A.F., Merzlikin T.I. Nonlinear vibrations of soil strata according to instrumental and numerical data. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2021. Vol. 11. No. 4. pp. 70–82. DOI: 10.46698/VNC.2021.77.59.006. (In Russ.)

4. Zerkal O.V., Fomenko I.K. Influence of various factors on the results of probabilistic analysis of landslide processes activation. *Engineering Geology*. 2016. No. 1. pp. 16–21. (In Russ.)

5. Karavaev V.A., Gorbunov A.S., Seminozhenko S.S. Role of weak earthquakes in the cycle of extreme exogenous processes in the mountains of the Central Caucasus. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2022. Vol. 12. No. 4. pp. 6–18. DOI: 10.46698/VNC.2022.19.24.001. (In Russ.)

6. Karavaev V.A., Seminozhenko S.S. The extreme geomorphologic processes cycle in the Balkar Cherek river basin. *Geomorfologiya*. 2016. No. 2. pp. 34–40. DOI: 10.15356/0435-4281-2016-2-34-40. (In Russ.)

7. Krivenko V.G. The concept of intra-century and multi-century climate variability as a prerequisite for forecasting. In: *Climates of the past and climate forecast*. Moscow. Institute of Nature Conservation and Nature Reserves. 1992. pp. 39–40. (In Russ.)

8. Kyuntzel V.V. Universal system of cycles in nature. In: *Cycles of natural processes, hazardous phenomena and ecological forecasting*. Issue 2. Moscow. Russian Academy of Natural Sciences, 1992. pp. 92–96. (In Russ.)

9. Maksimov E.V. *Rhythms on Earth and in Space*. Tyumen. Mandr and Ka. 2005. 312 p. (In Russ.)

10. Ulomov V.I. Identification of potential sources and long-term forecast of strong earthquakes in the North Caucasus. Collective monograph: “Environmental and climate change. Natural and related anthropogenic disasters”. Vol. 1. Seismic processes and disasters. Ed. A.O. Gliko. Moscow. IPE RAS. 2008. pp. 127–146. (In Russ.)

11. Khain V.E. On the basic principles of constructing a truly global model of earth dynamics. *Geology and Geophysics*. 2010. Vol. 51. No. 6. pp. 753–760. (In Russ.)

12. Khain V.E. *Main problems of modern geology*. 2nd ed. Moscow. Scientific World. 2003. 348 p. (In Russ.)

13. Bhambri R., Hewitt K., Kawishwar P., Kumar A., Verma A. et al. ice-dams, outburst floods, and movement heterogeneity of glaciers, Karakoram. *Global and Planetary Change*. 2019. Vol. 180. pp. 100–116. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2019.05.004.
14. Chen H., Ruan H., Chen J., Li X., Yu Y. Review of investigations on hazard chains triggered by river-blocking debris flows and dam-break floods. *Frontiers in Earth Science*. 2022. Vol. 10. Art. No. 830044.
15. Chizhevsky A.L. *Les epidemies et les perturbations electromagnetiques du milieu exterieur*. Paris. Hippocrate. 1938. 239 p.
16. Donnini M., Santangelo M., Gariano S.L. et al. Landslides triggered by an extraordinary rainfall event in Central Italy on September 15, 2022. *Landslides*. 2023. Vol. 20. pp. 2199–2211. DOI: 10.1007/s10346-023-02109-4.
17. La Porta G., Leonardi A., Pirulli M. et al. Time-resolved triggering and runout analysis of rainfall-induced shallow landslides. *Acta Geotechnica*. 2024. Vol. 19. pp. 1873–1889. DOI: 10.1007/s11440-023-01996-0.
18. Ma J., Luo B., Zhao Y. et al. Detection and automatic identification of landslide areas from the LiDAR point clouds using improved DBSCAN. *Landslides*. 2025. Vol. 22. pp. 3843–3854. DOI: 10.1007/s10346-025-02569-w.
19. Novak A., Vrabec M., Smuc A. Long-term post-event processes and major reactivation of a complex landslide: 2000–2023 evolution of the Ciprnik landslide, Julian Alps, Slovenia. // *Landslides*. 2025. Vol. 22. pp. 4013–4027. DOI: 10.1007/s10346-025-02598-5.
20. Prenner D., Hrachowitz M., Kaitna R. Trigger characteristics of torrential flows from high to low alpine regions in Austria. *The Science of the Total Environment*. 2019. Vol. 658. pp. 958–972. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.206.
21. Weidner L., van Veen M., Lato M., Walton G. An algorithm for measuring landslide deformation in terrestrial lidar point clouds using trees. *Landslides*. 2021. No. 18(11). pp. 3547–3558.