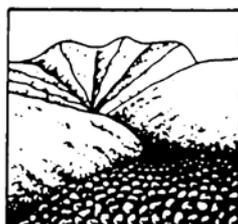


# **СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита**

---

Труды  
8-й Международной конференции

Тбилиси, Грузия, 6–10 октября 2025 г.



Ответственные редакторы  
С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили, К.С. Висхаджиева

---

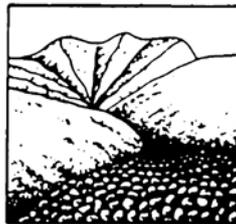
ООО «Геомаркетинг»  
Москва  
2025

# **DEBRIS FLOWS: Disasters, Risk, Forecast, Protection**

---

Proceedings  
of the 8<sup>th</sup> International Conference

Tbilisi, Georgia, 6–10 October 2025



Edited by  
S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili, K.S. Viskhadzhieva

---

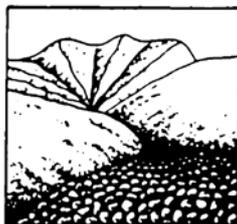
Geomarketing LLC  
Moscow  
2025

# ღვარცოფები: კატასტროფები, რისკი, პროგნოზი, დაცვა

---

მე-8 საერთაშორისო კონფერენციის  
მასალები

თბილისი, საქართველო, 6-10 ოქტომბერი, 2025



რედაქტორები  
ს. ს. ჩერნომორეც, გ. ვ. გავარდაშვილი, კ. ს. ვისხაჯიევა

---

შპს „გეომარკეტინგი“  
მოსკოვი  
2025

УДК 551.311.8  
ББК 26.823  
С29

**Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита.** Труды 8-й Международной конференции (Тбилиси, Грузия). – Отв. ред. С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили, К.С. Висхаджиева. – Москва: ООО «Геомаркетинг», 2025. 496 с.

**Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection.** Proceedings of the 8th International Conference (Tbilisi, Georgia). – Ed. by S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili, K.S. Viskhadzhieva. – Moscow: Geomarketing LLC, 2025. 496 p.

**ღვარცოფები: კატასტროფები, რისკი, პროგნოზი, დაცვა.** მე-8 საერთაშორისო კონფერენციის მასალები. თბილისი, საქართველო. – პასუხისმგებელი რედაქტორები ს.ს. ჩერნომორეც, გ.ვ. გავარდაშვილი, კ.ს. ვისხაჯიევა. – მოსკოვი: შპს „გეომარკეტინგი“, 2025. 496 ს.

Ответственные редакторы: С.С. Черноморец (МГУ имени М.В. Ломоносова), Г.В. Гавардашвили (Институт водного хозяйства имени Цотне Мирцхулава Грузинского технического университета), К.С. Висхаджиева (МГУ имени М.В. Ломоносова).

Edited by S.S. Chernomorets (M.V. Lomonosov Moscow State University), G.V. Gavardashvili (Tsozne Mirtskhulava Institute of Water Management, Georgian Technical University), K.S. Viskhadzhieva (M.V. Lomonosov Moscow State University).

При создании логотипа конференции использован рисунок из книги С.М. Флейшмана «Селевые потоки» (Москва: Географгиз, 1951, с. 51).

Conference logo is based on a figure from S.M. Fleishman's book on Debris Flows (Moscow: Geografgiz, 1951, p. 51).

ISBN 978-5-6053539-4-2

© Селевая ассоциация  
© Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава  
Грузинского технического университета

© Debris Flow Association  
© Ts. Mirtskhulava Water Management Institute  
of Georgian Technical University

© ღვარცოფების ასოციაცია  
© საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა  
მეურნეობის ინსტიტუტი



## Определение зон восприимчивости и оценка селевого риска бассейна реки Гудиалчай на основе данных дистанционного зондирования

С.Г. Мамедов, С.А. Тарихазер

*Институт географии имени академика Г.А. Алиева Министерства Науки и  
Образования Азербайджанской Республики, Баку, Азербайджан,  
kerimov17@gmail.com*

**Аннотация.** В результате освоения земель геосистемы способны претерпевать изменения, от частных до кардинальных. Такой процесс, в свою очередь, способен обострить существующие взаимоотношения между человеческим сообществом и окружающим миром. В результате возникают зоны экологических бедствий, которые приведут к серьезным экологическим и социально-экономическим последствиям. Одним из селеопасных регионов Азербайджана является северовосточный склон Большого Кавказа. Большой потенциал туризма и курортов привлекает инвесторов и отдыхающих в данный район. Все реки данного региона селеопасны, однако речь пойдет о наиболее селеопасной реке Гудиалчай. 16 апреля 2025 г. в результате интенсивных дождей (в Губинском районе выпало 25 мм (52%) атмосферных осадков) на р. Гудиалчай прошел сель. Был поврежден мост, разрушены дорожные полотна, прервана связь ряда сел с райцентром города Губа, повреждены системы электропередачи и газоснабжения, погибло большое количество домашней птицы. В селе Деллякли Губинского района селевой поток затопил сельское кладбище, а в селе Чичи разрушен жилой дом, жители которого были эвакуированы. Целью данного исследования явилось выявление условий формирования селевых очагов, дать оценку риска восприимчивости территории от них. В статье, исходя из имеющихся данных, особенностей селей и взаимосвязей между склоновыми процессами и факторами, вызывающими сели на р. Гудиалчай, для оценки ее селевой опасности были выбраны шесть факторов, связанных с оползнями, – гипсометрия, углы наклона (крутизна склонов), экспозиция склонов, геологическое строение (литология), среднегодовое количество осадков и землепользование. Для оценки и зонирования селевой опасности был использован метод соотношения частотностей (англ. Frequency Ratio method – FR). В конечном итоге была составлена карта землепользования, анализ которой показал, что в основном селевые очаги приурочены к зонам альпийских и субальпийских лугов, и к зонам со скудной растительностью.

**Ключевые слова:** селевой риск, восприимчивость, оползень, дистанционное зондирование, землепользование, антропогенный фактор

**Ссылка для цитирования:** Мамедов С.Г., Тарихазер С.А. Определение зон восприимчивости и оценка селевого риска бассейна реки Гудиалчай на основе данных дистанционного зондирования. В сб.: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 8-й Международной конференции (Тбилиси, Грузия). – Отв. ред. С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили, К.С. Висхаджиева. – М.: ООО «Геомаркетинг», 2025, с. 267–282.

## Determination of susceptibility zones and assessment of debris flow risk in the Gudiyalchay river basin based on remote sensing data

S.G. Mammadov, S.A. Tarikhazer

*Institute of Geography named after academician H.A. Aliyev, Ministry of Science and  
Education of the Republic of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan, kerimov17@gmail.com*



**Abstract.** In the process of land use, geosystems can be partially or completely transformed, and this can ultimately lead to an aggravation of human interaction with the environment. As a result, zones of environmental disasters can arise, which will lead to serious environmental and socio-economic consequences. One of the debris flow-hazardous regions of the Azerbaijan is the northeastern slope of the Greater Caucasus. The great potential of tourism and resorts attracts investors and vacationers to this area. All rivers in the region are debris flow-hazardous, but we will talk about the most debris flow-hazardous of them – the Gudiyalchay River. On April 16, 2025, as a result of intense rains (25 mm (52%) of precipitation fell in the Guba district), a debris flow occurred on the Gudiyalchay River. A bridge was damaged, road surfaces were destroyed, communication between a number of villages and the district center of the city of Guba was interrupted, power and gas transmission systems were damaged, and a large number of poultry died. In the village of Dellyakli, Guba district, a debris flow flooded a rural cemetery, and in the village of Chichi, a residential building was destroyed, the residents of which were evacuated. The aim of this study was to identify the conditions for the formation of debris flow centers and to assess the risk of the territory's susceptibility to them. In the article, based on the available data, debris flow characteristics and the relationships between slope processes and factors causing debris flows on the Gudiyalchay River, six factors associated with landslides were selected to assess its debris flow hazard: hypsometry, slope angles (steepness of slopes), slope exposure, geological structure (lithology), average annual precipitation and land use. The frequency ratio method (FR) was used to assess and zone the debris flow hazard. Ultimately, a land use map was compiled, the analysis of which showed that debris flow centers are mainly confined to alpine and subalpine meadow zones and to zones with sparse vegetation.

**Key words:** *debris flow risk, susceptibility, landslide, remote sensing, land use, anthropogenic factor*

**Cite of this article:** Mammadov S.G., Tarikhazer S.A. Determination of susceptibility zones and assessment of debris flow risk in the Gudiyalchay river basin based on remote sensing data. In: Chernomorets S.S., Gavardashvili G.V., Viskhadzhieva K.S. (eds.) Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 8th International Conference (Tbilisi, Georgia). Moscow: Geomarketing LLC, 2025, p. 267–282.

## Введение

За последние два десятилетия около 90% крупных катастроф в мире были вызваны природными явлениями. За этот период было выявлено 6457 стихийных бедствий, в результате которых погибли 606 тыс. чел., а 4,1 млрд чел. получили ранения, остались без крова или нуждаются в помощи. Согласно отчету пресс-центра ООН «Человеческие потери от стихийных бедствий», наибольшее количество катастроф приходится на пять стран – США, Китай, Индию, Филиппины и Индонезию.

В Азербайджане начинает развиваться «осознание бедствий» и предпринимаются важные шаги по снижению ущерба, наносимого стихийными бедствиями. Это хорошо известный факт. В Азербайджане были выявлены и оценены риски, разработаны цели, основанные на рисках. Кроме того, внедряются новые методы для устранения или уменьшения их воздействия. Указ № 2198 от 23 мая 2007 г. Президента Азербайджанской Республики Ильхама Алиева «Об утверждении Концепции национальной безопасности Азербайджанской Республики» законодательно обязывает всю страну проводить исследования по снижению урона от природных катастроф.

Постоянный представитель Генерального секретаря ООН Маргарет Вальстрем сказала, что «Погода и климат являются основными факторами, вызывающими стихийные бедствия, и этот доклад показывает, что мир платит за это самую дорогую цену – человеческие жизни». По оценкам Секретариата Международной стратегии ООН по уменьшению опасности стихийных бедствий, эти потери составляют 250–300 млрд \$ США в год.



Изменение климата увеличивает частоту и интенсивность суровых погодных явлений, и если экономические стимулы для создания и развития опасных зон будут перевешивать предполагаемый риск бедствий, то бедствия останутся одним из главных препятствий на пути устойчивого развития. По оценкам ООН, к 2030 г. в мире будут происходить примерно 560 природных катастроф в год.

Азербайджан прилагает все усилия для решения климатических проблем. Доказательством тому служит прошедшая с 11 по 22 ноября 2024 г. в городе Баку Саммит стран участников рамочной конференции по климату COP-29.

Средства массовой информации Азербайджана в последние годы часто сообщают о проявлении селей – одного из самых опасных явлений, сравнимых с такими стихийными бедствиями, как землетрясения и тайфуны.

Наиболее селеопасным регионом Азербайджана является территория Большого Кавказа [Ализаде и др., 2017]. Большой потенциал туризма и курортов (горно-лыжный комплекс “Tufandag Mountain Resort”, “Macara Sheki City Hotel”, зимне-летний туристический комплекс “Shahdag Mountain Resort”, принявший 280 тыс. людей в 2025 г., что на 35% больше, чем в 2023 г.; “Macara Village Resort”, “Guba Palace Hotel” и мн. др.) привлекает инвесторов и отдыхающих в селеопасные районы.

Сели – едва ли не самый важный фактор воздействия для нашей страны. В труднодоступных горных районах расширяются населенные пункты, прокладываются автомобильные дороги и пр. Коварство селей, проявляющееся в их связи с другими геологическими процессами, делает их важной и порой очень сложной проблемой при строительстве. Эта проблема требует разработки противоселевых мероприятий, что приводит к дополнительным финансовым затратам [Мамедов, Тарихазер, 2023; Тарихазер, Мамедов, Гамидова, 2024].

Приведем несколько примеров проявления наиболее опасных селей, прошедших только на территории азербайджанской части Большого Кавказа в 2024 г. 24 апреля 2024 г. сель на р. Пирсаатчай Шамахинского района повредил дорожное полотно Шамаха – Пиргулу, в сел. Чухурюрд поток унес 20 пчелиных улей. 20 мая 2024 г. селевой поток на р. Талачай повредил 20 жилых построек в сел. Ш-Тала Загатальского района, погибло большое число домашнего скота и птицы. 14 июня 2024 г. селевой поток на р. Пирсаатчай Шамахинского района разрушил дорожное полотно, ведущее в сс. Арчиман, Талышнуру, Демирчи, Сафали и Зарат Хейбари, были снесены интернет-, телефонные и электрические столбы. 7 июля 2024 г. селевой поток на р. Агсучай Агсуинского района разрушил мост, были затоплены подвалы жилых домов, повалены деревья. 27 июля 2024 г. сель на р. Айричай разрушил дорожное полотно сел. Гудула Шекинского района, были затоплены дворы и личные хозяйства ряда домов, ореховые сады, погибла домашняя птица.

Примеров тому множество. По данным Министерства Экологии и Природных ресурсов в 2024 г. в Азербайджане зарегистрировано 110 селевых потоков. Ежегодно сели наносят ущерб экономике Азербайджана в среднем 1,3–1,5 млрд манат (765–882 млн \$) [Пашаев, 2018].

### Цель исследования

По данным Махмудова Р.Н. (2008) на северо-восточном склоне Большого Кавказа 12 рек селеопасные, вблизи которых расположено 154 населенных пункта с населением свыше 250 тыс. человек [Пашаев, 2018].

Целью данной работы является выявление основных факторов развития и распространения селевых очагов в бассейне одной из селеопасных рек северо-восточного склона Большого Кавказа – р. Гудуалчай, условий их формирования, дать оценку риска восприимчивости территории от них.

В фонде Института Географии им. акад. Г.А. Алиева имеется обширный объем информации, включающий в себя сведения о распространении селевых процессов на северо-восточном склоне Большого Кавказа [Марданов, 1965; Будагов, 1973, 1993; Тарихазер, 1997; Мамедов, 2007; Махмудов, 2008; Алекперова, 2018, 2024; Tarikhazer,



[Kuchinskaya, Karimova, Alakbarova, 2021 и др.]. Однако в свете новых факторов, а именно того, что в последнее время ведется интенсивная эксплуатация русла р. Гудиалчай – незаконная добыча песка и гравия. В результате русло реки углубилось на 30 м, что привело к многочисленным развятиям в береговых зонах оползней и обвалов (рис. 1).



Рис. 1. Последствия добычи песка и гравия в русле р. Гудиалчай

**Объектом исследования** являются опасные экзогенные процессы (оползни, обвалы), развитые в бассейне селеносной р. Гудиалчай (рис. 3). Считаем, что оценка развития и распространения опасных экзогенных процессов вблизи речного бассейна позволит решить широкий круг экономических и практических задач, снизить до минимума серьезные последствия. Следовательно, наши исследования, которые впервые проведены в Азербайджане, уже сегодня весьма важны, т.к. позволят спрогнозировать опасные процессы и минимизировать урон от них, а также применить эти результаты для рационального использования земель.

### Характеристика района исследования

Для северо-восточного склона Большого Кавказ атипично ориентация орографических элементов, следующая за Водораздельным поднятием. Среди них выделяется Боковой хребет – он является наиболее масштабным. Именно он обуславливает значительные различия в степени интенсивности водных эрозионных процессов.

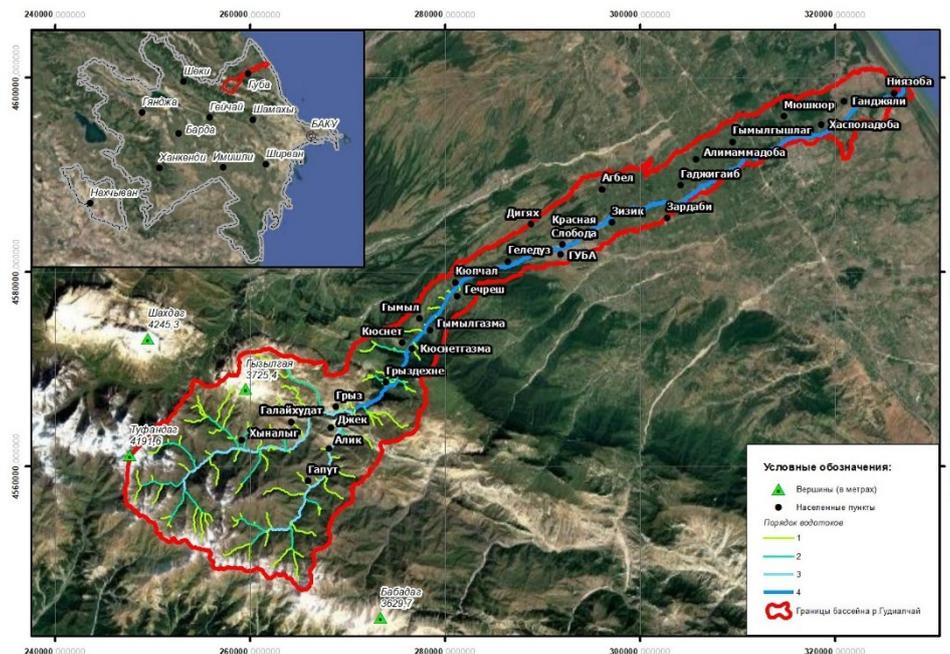


Рис. 2. Географическое расположение бассейна р. Гудиалчай



С этого хребта берут начало свои истоки Агчай, Гуручай, Джагадугчай, Шабранчай, Девичичай и прочие реки. Между Водораздельным и Боковым хребтами находятся межгорные котловины: Хыналыгская, Рустовская, Шахнабадская, Халтанская, Гильгильчайская и ряд других.

Следующий значительный горный массив – это Гайтар-Годжинский, изрезанный с правой стороны притоками р. Гильгильчай. В этой области находится Ерфинский хребет, определяющий водораздел между рр. Гарачай и Вельвеличай. Предгорья представлены Гусарской наклонной равниной, которая восточнее переходит в Самур-Девичинскую низменность. При выходе из горных районов все реки формируют конусы выноса, которые, соединяясь, образуют общий шлейф.

Северо-восточный склон Большого Кавказа сформирован осадочными отложениями юрского, мелового, третичного и четвертичного периодов (рис. 3).

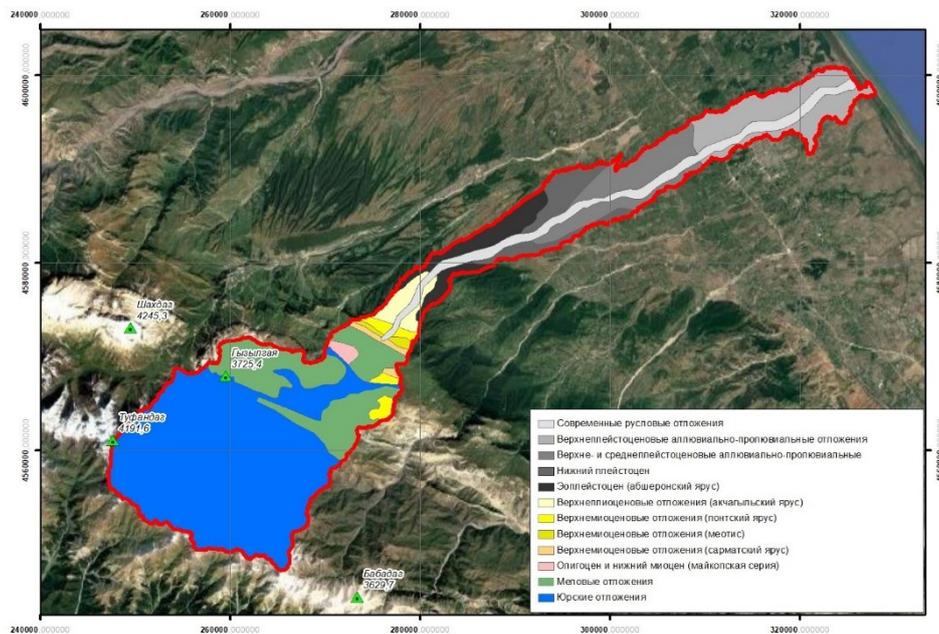


Рис. 3. Геологическое строение бассейна р. Гудиалчай

В окрестностях вершин Базардюзю (4466 м) и Туфандаг (4191 м) в бассейнах рек Гусарчай, Гудиалчай и других преобладают известняки, доломиты, глины, глинистые сланцы, песчаники, мергели и конгломераты. Третичные отложения наиболее характерны для среднегорного и частично низкогорного поясов, где они представлены глинами, песчаниками, галечниками и суглинками. В верховьях рр. Гусарчай, Гудиалчай, Агчай, Гарачай и Вельвеличай наблюдаются верхнечетвертичные ледниковые отложения. В высокогорной зоне также широко распространены осыпи, обвалы и россыпи.

Рельеф северо-восточного склона Большого Кавказа отличается высокой изрезанностью и подвержен активному разрушению [Будагов, 1993]. В формировании ландшафта важную роль играют внешние процессы. Тем не менее, под влиянием современных тектонических изменений, процессы эрозии и денудации значительно активизируются. О проявлении современных тектонических подвижек свидетельствуют особенности речных долин, террас и других форм рельефа.

К актуальным экзогенным рельефообразующим факторам причисляют ледниковую деятельность, физическое выветривание, эрозионные процессы, обвалы, россыпи, осыпи, оползневые явления, селевые потоки и иные процессы. В верхних частях рек, где наблюдаются резкие перепады суточных температур, практически полное отсутствие растительности, высокая трещиноватость горных пород и другие факторы, поверхности водосборов подвергаются активному разрушению. Следствием этого становится накопление на склонах речных долин значительного объема



крупнообломочного материала, представленного россыпями, осыпями и обвалами. При обильных осадках и интенсивном таянии снега этот материал перемещается в речные долины, что обуславливает формирование мощных селевых потоков (рис. 4).



Рис. 4. Денудационные процессы на склонах гор

На северных склонах Бокового поднятия фиксируются оползни, провоцируемые несколькими факторами: составом горных пород, присутствием тектонических разломов, избыточным увлажнением пород атмосферными осадками, влиянием грунтовых вод, крутизной склонов, сейсмичностью и прочими явлениями. Наиболее часто оползни наблюдаются в бассейнах рек Гарачай, Агчай, Вельвеличай, Гильгильчай и Атачай.

На северо-восточном склоне Большого Кавказа, расположенном на высоте в 1000 м. над уровнем моря, среднегодовое количество осадков равняется 710 мм. Если подняться выше, то показатель снижается до 590 мм. Однако, начиная с отметки в 2500 м., годовое количество атмосферных осадков снова начинает расти, достигая значений от 1000 до 1200 мм и более на высотах свыше 3000 метров. Важной особенностью является наличие двух пиков осадков в течение года – весной (май-июнь) и осенью (сентябрь).

При сопоставлении годового цикла атмосферных осадков с гидрологическим режимом рек, а также с характером стока взвешенных наносов, обнаруживается следующая взаимосвязь: наблюдается общность в их сезонном распределении; в весенний период на реках фиксируется повышение водоотдачи, что, в свою очередь, приводит к возрастанию расходов взвешенных наносов.

На северо-восточном склоне Большого Кавказа реки, истоки которых находятся на Водораздельном и Боковом хребтах, демонстрируют различия по целому ряду параметров. Среди них — водный режим, размеры речных бассейнов, объемы переносимых наносов, а также морфология речных долин. Эти различия обусловлены, в частности, пестротой литологического состава горных пород, формирующих поверхность бассейнов, и спецификой почвенно-растительного покрова [Tarikhazer, Kuchinskaya, Karimova, 2022].

С.Г. Рустамов (1960) предложил следующую классификацию рек рассматриваемой территории, основанную на их водном режиме:

1. Реки с паводковым режимом, характерным для весны и лета. К этой группе относятся реки, берущие начало на Водораздельном хребте, такие как Гусарчай, Гудиалчай, Гарачай, Агчай и им подобные. Основной источник питания этих рек - талые снеговые воды (до 40%) и подземные воды (до 50%).

2. В зону паводков включены реки, берущие начало на склонах Бокового хребта. Среди них – Девечичай, Шабранчай, Атачай и другие. Основным источником их питания – дождевые осадки, доля которых может достигать 50%.



Почвенно-растительный покров играет ключевую роль в формировании интенсивности эрозионных процессов, связанных с водой. Как и прочие физико-географические элементы, почвы подчинены правилу вертикальной зональности. Выше 3800–3900 м. царствует зона вечного снега, и, соответственно, почвы отсутствуют. На высотах от 3000 м. и выше простирается скалистая зона, широко представленная россыпями и осыпями, которые являются источниками наносов, питающими реки.

В высокогорье преобладают горно-луговые, торфянистые и торфяно-дерновые типы почв. В субальпийском поясе сформировались горно-луговые дерновые и горно-луговые светло-серые почвы. Эти почвы характеризуются плотной дерниной и низкой подверженностью эрозии. Здесь процветает низкорослая злаковая растительность, иногда встречаются кусты можжевельника. Эти леса играют огромную почвозащитную роль и препятствуют развитию эрозионных процессов.

В пределах среднегорного пояса формируются бурые горно-лесные почвы, являющиеся основой для роста дуба, бука, граба и прочих широколиственных пород. Указанные лесные массивы выполняют важнейшую функцию по защите почвенного покрова, существенно снижая вероятность эрозионных явлений.

Низкогорный пояс характеризуется степными почвами, такими как горный чернозем, каштановые и прочие. Эти почвы преимущественно распространены на территории Гусарской наклонной равнины, а также частично в Гонагкендском районе. Здесь преобладает разнотравная растительность со злаками.

Из представленного материала логично вытекает, что специфика речных бассейнов северо-восточного склона Большого Кавказа такова: значительное количество осадков, выпадающих из атмосферы, аккумулируется в мощный поверхностный сток. В совокупности с высокой крутизной склонов это провоцирует формирование селевых потоков. Важно также отметить, что наличие на склонах речных долин обвального оползневой материала напрямую влияет на объемы твердых пород, переносимых реками (рис. 6). Стоит подчеркнуть, что селевые потоки – грязекаменные образования – представляют собой распространенное явление практически во всех высотных поясах северо-восточного склона Большого Кавказа.

### **Материалы и методы исследования**

Для оценки и зонирования селевой опасности нами использовался метод соотношения частотностей (англ. Frequency Ratio method – FR).

Модель Frequency Ratio (FR) широко используется при прогнозировании геолого-геоморфологических процессов, впервые предложен Lee, Talib (2005). FR – это полезный инструмент геопространственной оценки, который прогнозируют вероятности распределения возникновения и ненаступления геологических процессов для каждого класса связанных факторов.

Классы «взвешивают» исходя из отношения наблюдаемых оползней ко всей исследуемой территории.

FR – один из лучших геопространственных инструментов оценки для определения пространственной корреляции между данными инвентаризации и классом связанных факторов. Количество или процент данных инвентаризации в каждом классе указывает на важность корреляция с развитием геологических процессов. FR показывает корреляцию между местоположениями геологических процессов и факторами, влияющими на возникновение процессов в данной области. Факторы развития процессов можно «взвесить», учитывая соотношение наблюдаемых процессов на рассматриваемой территории. Корреляцию между факторами классов можно найти через FR, который является довольно полезным инструментом геопространственной оценки.

### **Результаты исследования**

Река Гудиялчай является одной из крупных и селеопасных рек северо-восточного склона Большого Кавказа. Длина реки 101 км, площадь бассейна 768 км<sup>2</sup>. Берет начало



со склонов г. Туфандаг на высоте 4180 м, средняя высота бассейна 2053 м. Истоком реки являются талые воды снегов и дождевые воды со склонов гор Туфандаг и Хыналыг, которые дают начало небольшим рекам как Агчай и Гарабурга, а те, в свою очередь, ниже селения Джек сливаются и образуют р. Гудиалчай. Длина речной сети составляет 335,2 км, густота речной сети – 0,444 км/км<sup>2</sup>.

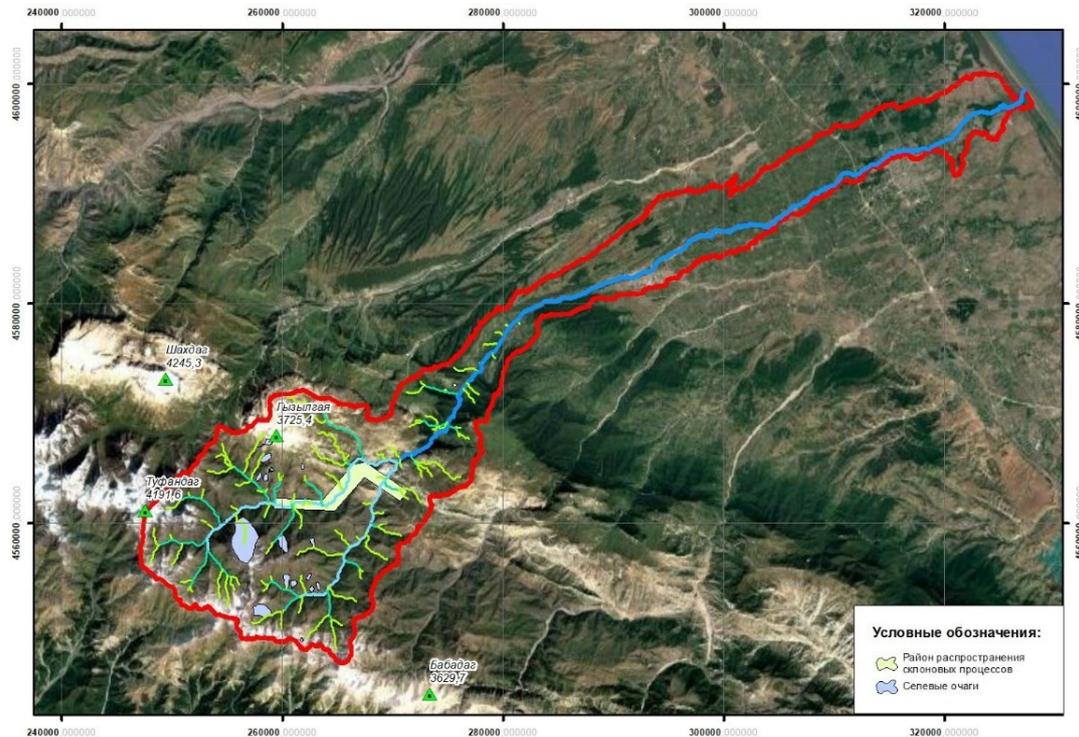


Рис. 5. Селевые очаги в бассейне р. Гудиалчай

В верховье река протекает в глубоком и узком русле с крутыми склонами. В среднем течении реки развиты многочисленные обвальные, осыпные, оползневые процессы, которые обильно питают реку мелкоземом (рис. 6, таблица 1).

Затем река в районе селения Гачреш выходит на Гусарскую наклонную равнину, где течет в широкой ящикообразной долине. На правом берегу реки развиты многочисленные террасы. К примеру, город Губа находится в пределах широкой террасы. Ниже города Губа на аллювиально-пролювиальной равнине река делится на ряд рукавов, пересекающие Самур-Девичинскую низменность и впадает в Каспийское море. В среднем в бассейне р. Гудиалчай выпадает 607 мм/год атмосферных осадков (рис. 7).



Рис. 6. Оползне-обвальные процессы в долине р. Гудиалчай



Таблица 1. Даты прохождения наиболее опасных селевых потоков на р. Гудиалчай Большого Кавказа за 2008–2024 гг.

№	Дата прохождения селя	Последствия селя
1	07–08.07.2008 г.	Нанесен материальный ущерб домам и социальным объектам города Хачмаз
2	04.03.2008 г.	Повреждено 24 дома. Погиб 1 человек
3	19.07.2009 г.	Повреждено 4 социальных объекта и дома сел. Тюлякран Губинского района
4	23.04.2013 г.	Селевые потоки перекрыли участок трассы Баку – государственная граница с Россией вблизи с. Владимировка. Движение транспорта по трассе ограничено
5	29.08.2013 г.	Разрушено около 10 домов сел. Алексеевка Губинского района. Нанесен ущерб более 100 домов, находящихся по ул. Вагифа сел. Красная Слобода
6	31.10.2014 г.	Размыты 36 км и 38 км автодороги Губа-Хыналыг Губинского района
7	17.04.2016 г.	Разрушен мост в Губинском районе
8	20.05.2016 г.	Разрушен мост в сел. Тюлер Губинского района
9	01–02.09.2016 г.	Нанесен ущерб около 10 селам Губинского района. Сель смыл опоры линий электропередачи в сел. Красная Слобода. Разрушен участок дороги Губа-Хыналыг. Сель разрушил почти 30 столбов телекоммуникации, в результате была прервана связь с 20 населенными пунктами района. Наибольший урон нанесен АТС, функционирующим в сел. по направлению Гонагкент-Сохуб, Купчал-Гечреш, Заргова-Чичи и Хыналыг
10	07.05.2020 г.	Селевые потоки разрушили мост в сел. Ханагах Губинского района
11	16.07.2020 г.	Селевые потоки разрушили дорожные покрытия, затопили сады и огороды местных жителей
12	31.07.2022 г.	Сель в сел. Грыз Губинского района разрушил деревья, линия электропередачи, затопил дома
13	16.06.2023 г.	Селевой поток разрушил 50 и 57 км автомобильного полотна Губа-Хыналыг
14	22.07.2023 г.	Сел нанес ущерб земельным и хозяйственным угодьям жителей Губинского района. Смыли бетонные опоры моста
15	13.05.2024 г.	Разрушен мост через р. Гудиалчай сел. Гырыз Губинского района
16	16.06.2024 г.	В сел. Ерфи Губинского района сель нанес серьезный ущерб ряду жилых домов. Повреждены дорожные полотна, разрушен мост
17	21.06.2024 г.	Селевые воды затопила близлежащие населенные пункты, территорию отеля, расположенного на трассе Губа - Хыналыг. Сель унес автомобиль. Пассажиры были спасены
18	27.07.2024 г.	Сель разрушил дорожное полотно сел. Кюпчалгышлаг Губинского района. Разрушены высоковольтные линии электропередачи
19	18.10.2024 г.	В сел. Джими Губинского района селевой поток унес машину с пассажирами. Люди были спасены

По материалам С.А. Тарихазер (2020, 2024).

Среднегодовой расход воды 8,5 м<sup>3</sup>/сек (в многоводный период этот показатель составляет 15,6 м<sup>3</sup>/сек, а в маловодный период – 5 м<sup>3</sup>/сек), годовой сток составляет 270 106 м<sup>3</sup>. Главным в питании реки выступают талые ледниковые и снеговые воды, затем грунтовые воды. Воды реки широко используются в поливе земель Губа-Хачмазского экономического района, а также при заполнении Самур-Абшеронского канала.

Климатические условия, необходимые для формирования селевых очагов в исследуемом бассейне, характеризуются тремя основными чертами. К ним относятся



значительные суточные колебания температуры атмосферы и почвы, способствующие физическому выветриванию, наличие продолжительных засух в теплые месяцы года и, как правило, высокая интенсивность осадков, предшествующих сходу селей и оползней. Наибольшее количество атмосферных осадков выпадает в высотах от 2400 до 2800 м. Большая часть из них является ливневыми осадками и ограничена склонами южной экспозиции, которые покрыты небольшими холмами, гравийными и сыпучими отложениями. Таким образом, в районе исследований роль ливневых осадков очень важна (таблица 2).

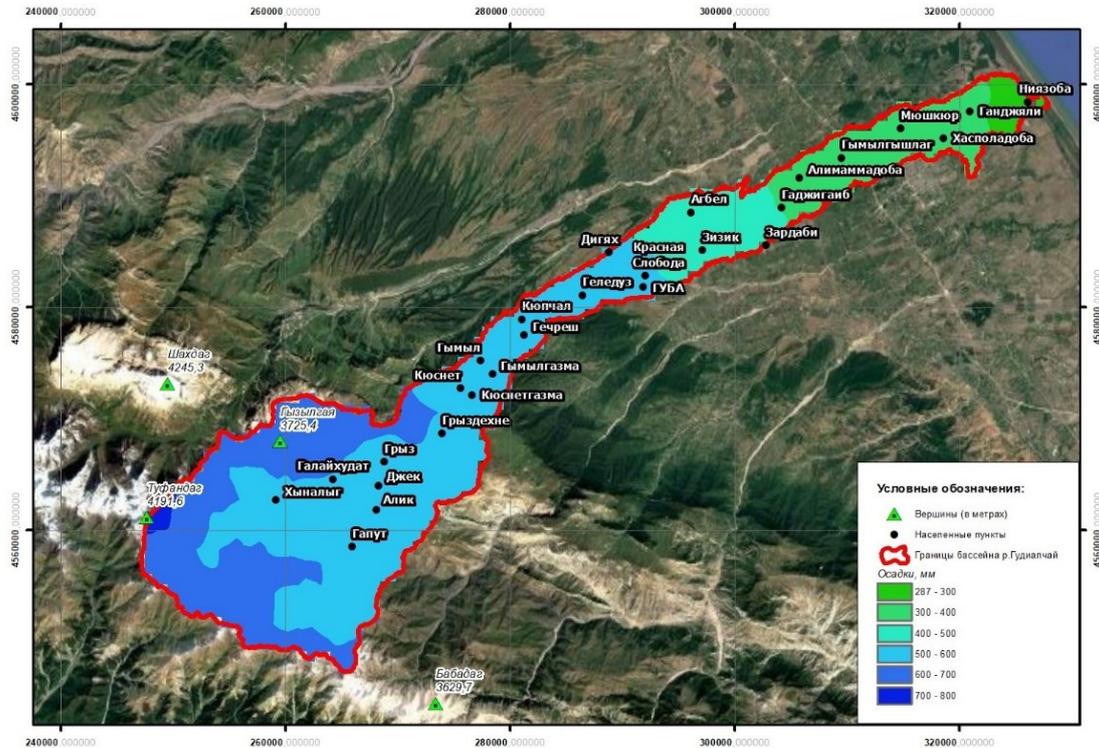


Рис. 7. Распределение годового количества атмосферных осадков в бассейне р. Гудиялчай

Таблица 2. Распределение количества осадков в бассейне р. Гудиялчай

Населенные пункты	Высота, м	Месяцы											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Губа	588	31	30	38	48	55	48	30	34	62	64	47	36
Грыз	2006	18	25	41	68	85	91	57	54	48	49	29	22

В данном исследовании, исходя из имеющихся данных, особенностей селей и взаимосвязей между склоновыми процессами и факторами, вызывающими сели, для оценки селевой опасности были выбраны шесть факторов, связанных с оползнями, – гипсометрия, углы наклона (крутизна склонов), экспозиция склонов, геологическое строение (литология), среднегодовое количество осадков и землепользование.

Карты гипсометрии, крутизны и экспозиции склонов были составлены с использованием цифровой модели рельефа (ЦМР) с разрешением 12,5 м (ASF Data Search). Карта среднемесячного количества осадков была составлена путем интерполяции данных о количестве осадков в близлежащих населенных пунктах и данных с глобальной базы (CHELSA, Climatologies at High Resolution for Earth's Land Surface Areas). Карта землепользования (LULC-Land use and land cover map) была составлена на основе обучающей классификации в программной среде ArcGIS. Данные о геологическом строении (литологии) и тектонические нарушения были оцифрованы с геологической карты Губа-Хачмазского экономического района масштаба 1:200 000.



Гипсометрия влияет через климатические факторы, так как с изменением высоты меняются термический режим, атмосферное давление и влажность воздуха (рис. 8). Как видно из составленной карты большую площадь в пределах бассейна занимают территории, расположенные на абсолютной высоте более 1000 м (66% территории бассейна).

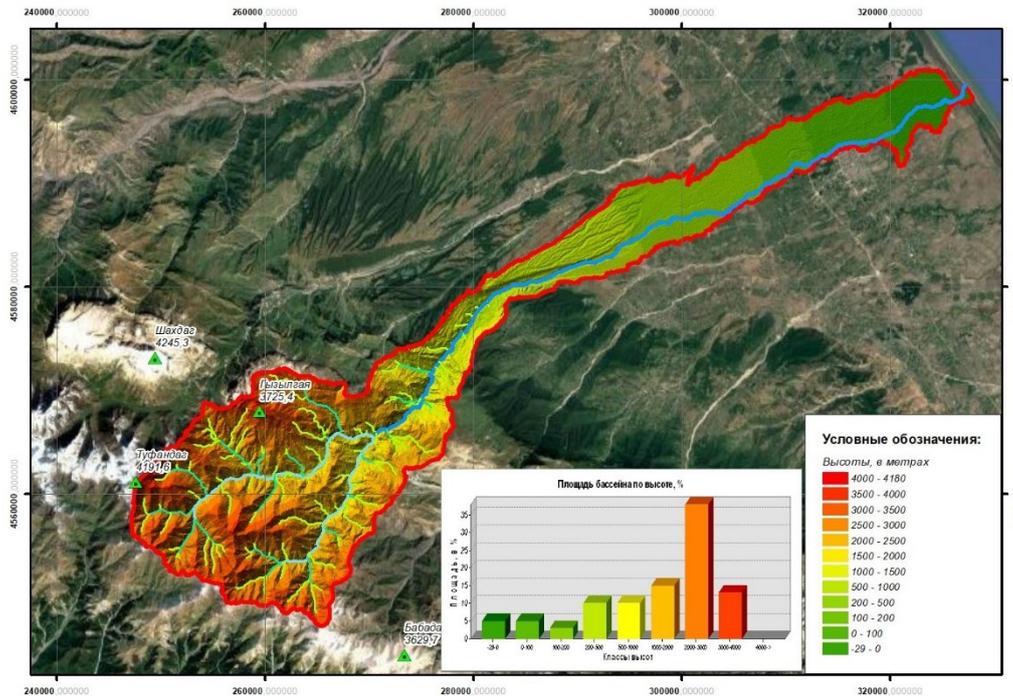


Рис. 8. Гипсометрическая карта бассейна р. Гудиалчай

Угол наклона считается одним из основных причинных факторов с явлений и широко используется при картировании подверженности оползням; этот параметр был получен на основе ЦМР с помощью инструментов пространственного анализа (рис. 9).

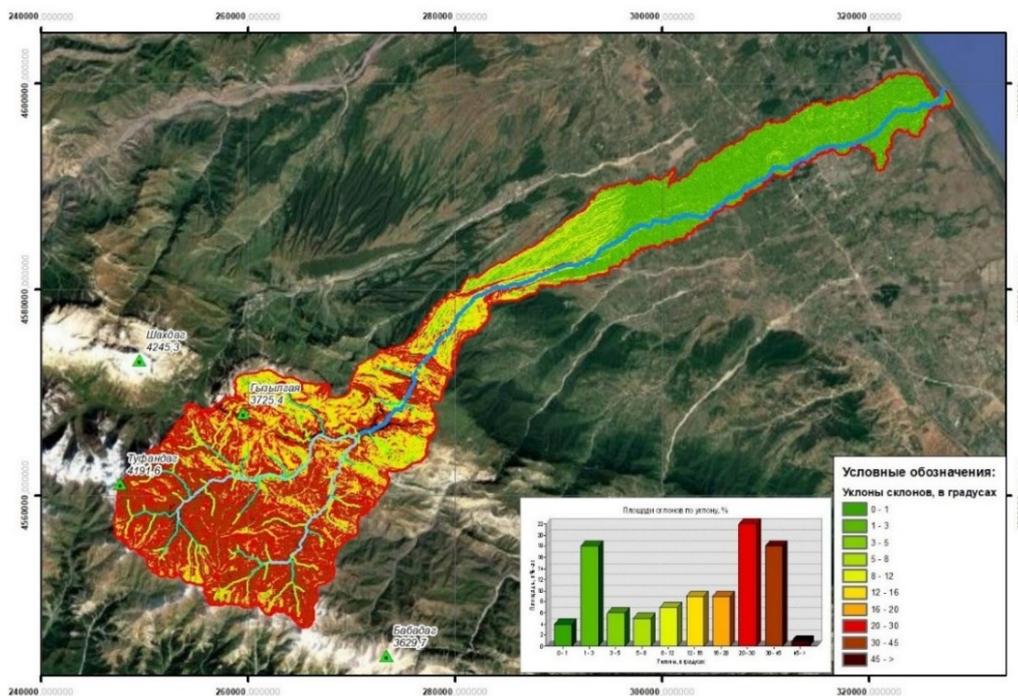


Рис. 9. Карта углов наклона бассейна р. Гудиалчай



Анализ данных цифровой модели рельефа показывает, что большую площадь в пределах бассейна занимают склоны крутизной 20–30° (22%).

Экспозиция является наиболее важным источником изменения свойств грунта. Экспозиция определяет направление склона. Она измеряется по часовой стрелке в градусах 0 (к северу) до 360 (к северу снова), образуя полный круг. Плоские участки имеют значение -1.

Влияние экспозиции склона отражается в различиях в температуре и влажности между полярным и экваториальным воздействием. Таким образом, склоны, обращенные к югу и западу теплее, чем склоны - к востоку и северу. С другой стороны, южные склоны в горном районе позволяют определить места, где снег может таять в первую очередь.

Различия в воздействии по склонам определяют изменения свойств почвы в результате их воздействия на микроклиматические и вегетационные условия. Экспозиция склонов была разделена на девять категорий: плоские поверхности (-1°), северная (0°–22,5°; 337,5°–360°), северо-восточная (22,5°–67,5°), восточная (67,5°–112,5°), юго-восточная (112,5°–157,5°), южная (157,5°–202,5°), юго-западная (202,5°–247,5°), западная (247,5°–292,5°–292,5°–337,5°), северо-западная (292,5°–337,5°) (рис. 10). В пределах бассейна большую площадь занимают склоны преимущественно северной экспозиции (41%).

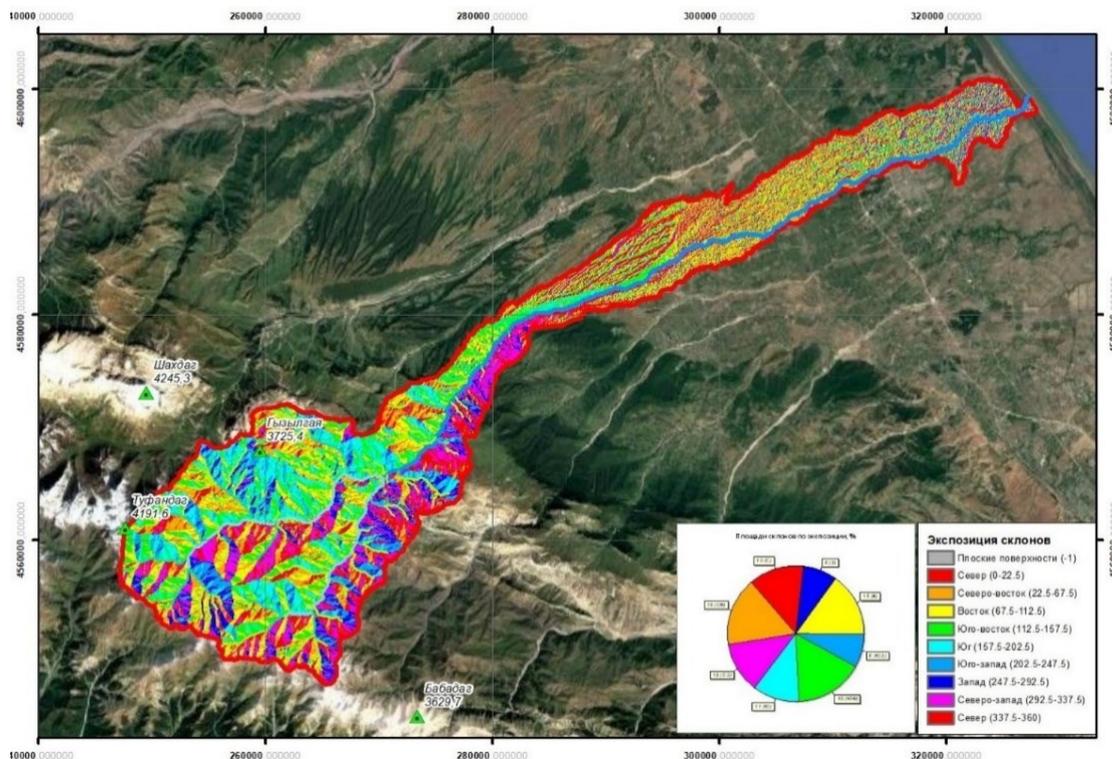


Рис. 10. Карта экспозиции склонов бассейна р. Гудиалчай

Карта землепользования показывает различные классы физической поверхности земли, например леса, луга, пашни, озера, водно-болотные угодья (рис. 11, 12). Половину площади бассейна занимают луга. Анализ карты показывает, что в основном селевые очаги приурочены к зонам альпийских и субальпийских лугов, и к зонам со скудной растительностью.

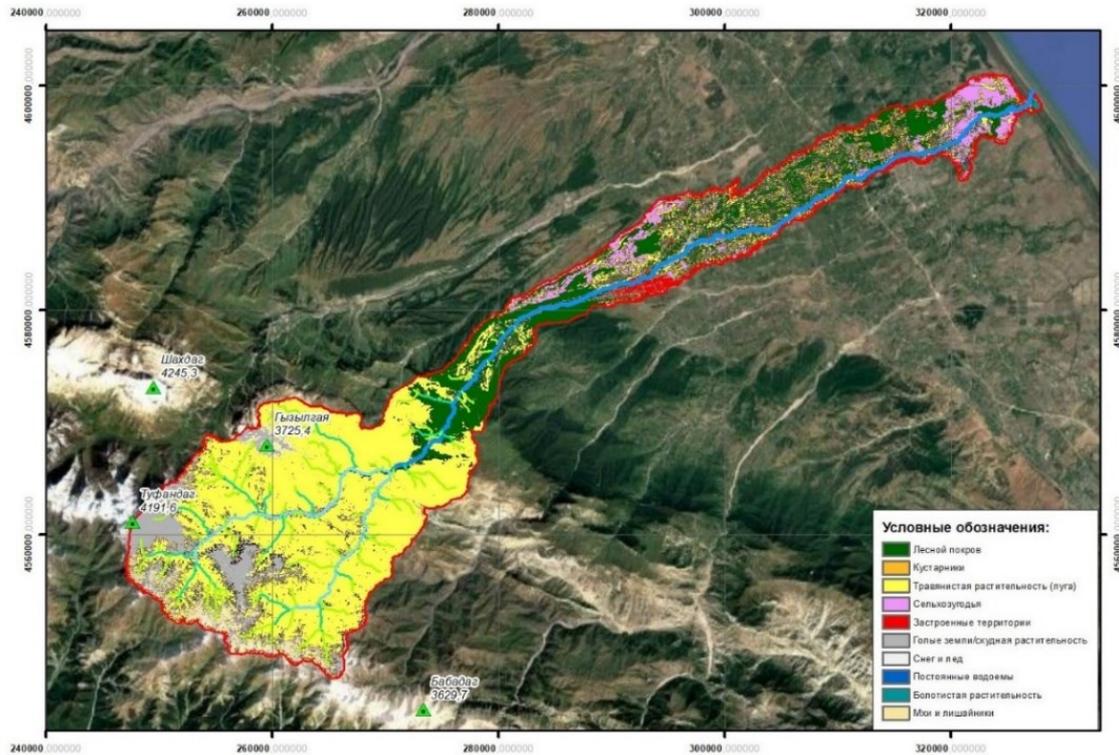


Рис. 11. Карта типов землепользования в бассейне р. Гудиалчай



Рис. 12. Распределение типов землепользования в бассейне р. Гудиалчай

В данной статье была проанализирована взаимосвязь между факторами, вызывающими сели и фактическим возникновением селей в исследуемом бассейне. Были вычислены соотношения частотностей и значения веса классов каждого фактора (таблица 3).



Таблица 3. Анализ связи между факторами, вызывающими оползни, и распределением оползней

Факторы, влияющие на селевую опасность	Классы	Площадь класса, км <sup>2</sup>	Частота класса, N	Площадь селевых очагов, км <sup>2</sup>	Частота селевых очагов в пределах класса, P	Вес класса фактора, P/N
Гипсометрия	-29-0	35,98	0,047	0,00	0,000	0,000
	0-100	38,67	0,050	0,00	0,000	0,000
	100-200	26,46	0,034	0,00	0,000	0,000
	200-500	78,19	0,102	0,00	0,000	0,000
	500-1000	79,84	0,104	0,00	0,000	0,000
	1000-2000	114,14	0,148	14,17	0,483	3,252
	2000-3000	293,02	0,381	10,50	0,358	0,939
	3000-4000	102,10	0,133	4,67	0,159	1,199
	4000->	0,23	0,000	0,00	0,000	0,000
Уклон	0-1	29,42	0,039	0,35	0,012	0,308
	1-3	133,87	0,176	1,71	0,058	0,331
	3-5	49,39	0,065	0,88	0,030	0,465
	5-8	39,30	0,052	1,09	0,037	0,717
	8-12	56,75	0,075	2,22	0,076	1,015
	12-16	69,29	0,091	3,06	0,104	1,145
	16-20	72,11	0,095	3,48	0,119	1,254
	20-30	164,65	0,216	8,00	0,273	1,261
	30-45	136,48	0,179	8,19	0,279	1,557
	45->	10,44	0,014	0,37	0,013	0,926
Экспозиция	С	99,84	0,133	4,54	0,155	1,160
	СВ	118,85	0,159	4,12	0,140	0,885
	В	117,93	0,157	4,27	0,145	0,924
	ЮВ	123,91	0,165	3,69	0,126	0,760
	Ю	82,94	0,111	3,01	0,102	0,926
	ЮЗ	57,91	0,077	3,56	0,121	1,568
	З	57,18	0,076	5,98	0,204	2,671
	СЗ	90,58	0,121	0,00	0,000	0,000
Геологическое строение*	1	52,07	0,066	0,00	0,000	0,000
	2	91,55	0,116	0,00	0,000	0,000
	3	59,25	0,075	0,00	0,000	0,000
	4	37,06	0,047	0,00	0,000	0,000
	5	39,78	0,051	0,00	0,000	0,000
	6	16,19	0,021	0,00	0,000	0,000
	7	12,69	0,016	0,00	0,000	0,000
	8	3,76	0,005	0,07	0,002	0,476
	9	5,23	0,007	0,00	0,000	0,000
	10	4,59	0,006	0,00	0,000	0,000
	11	110,31	0,140	3,54	0,121	0,860
	12	354,61	0,451	25,77	0,877	1,947
	287-300	44,65	0,058	0,00	0,000	0,000



Факторы, влияющие на селевую опасность	Классы	Площадь класса, км <sup>2</sup>	Частота класса, N	Площадь селевых очагов, км <sup>2</sup>	Частота селевых очагов в пределах класса, P	Вес класса фактора, P/N
Атмосферные осадки, мм	300–400	98,22	0,128	0,00	0,000	0,000
	400–500	71,44	0,093	0,00	0,000	0,000
	500–600	346,87	0,452	23,96	0,816	0,000
	600–700	201,26	0,262	5,41	0,184	0,000
	700–800	5,50	0,007	0,00	0,000	0,000
Типы землепользования	Лесной покров	129,59	0,168	0,09	0,003	0,019
	Кустарники	39,85	0,052	0,00	0,000	0,000
	Травянистая растительность	417,18	0,541	18,53	0,684	1,263
	Сельхозугодья	48,89	0,063	0,15	0,005	0,086
	Застроенные территории	16,57	0,021	0,10	0,004	0,172
	Голье земли/скудная растительность	83,48	0,108	7,65	0,282	2,605
	Снег и лед	0,00	0,000	0,00	0,000	0,000
	Постоянные водоемы	0,29	0,000	0,00	0,000	0,000
	Болотистая растительность	1,14	0,001	0,01	0,000	0,167
	Мхи и лишайники	33,90	0,044	0,59	0,022	0,494

\* 1 – современные русловые отложения, 2 – верхнеплейстоценовые аллювиально-пролювиальные отложения, 3 – верхне- и среднеплейстоценовые аллювиально-пролювиальные отложения, 4 – нижний плейстоцен, 5 – эоплейстоцен (апшеронский ярус), 6 – верхнеплистоценовые отложения (акчагыльский ярус), 7 – верхнемиоценовые отложения (понтский ярус), 8 – верхнемиоценовые отложения (меотис), 9 – верхнемиоценовые отложения (сарматский ярус), 10 – олигоцен и нижний миоцен (майкопская серия), 11 – меловые отложения, 12 – юрские отложения.

### Заключение

В ходе исследования нами было выявлено, что в недавнее время вблизи речных бассейнов наблюдается мощное антропогенное воздействие (активное строительство туристических и рекреационных объектов, дорог, каналов, неравномерный выпас скота и вырубка лесов) на геоконплексы северо-восточного склона Большого Кавказа, что становится причиной развития таких опасных экзогенных процессов, как оползни, обвалы, осыпи. Кроме того, они дают материал для питания рек, где происходят катастрофические грязекаменные селевые потоки.

На примере одной из селеопасной р. Гудиалчай нами для оценки и зонирования селевой опасности был использован метод соотношения частотностей (англ. Frequency Ratio method – FR). Были выбраны шесть факторов, связанных с селями, – гипсометрия, углы наклона (крутизна склонов), экспозиция склонов, геологическое строение (литология), среднегодовое количество осадков и землепользование. В пределах факторов были выделены классы и вычислены площади селевых очагов в пределах каждого класса. Также была выявлены соотношения частотности классов и селевых очагов. Было выявлено, все селевые очаги развиты в зонах альпийских (свыше 2400 м) и субальпийских лугов (2000–2400 м), а также в зонах, где встречаются обнаженные склоны или разряженная растительность.



## Список литературы

- Алекперова С.О. Воздействие селей на природно-хозяйственную систему Большого Кавказа и методы борьбы с ними (в пределах Азербайджанской части Большого Кавказа) // Грозненский естественнонаучный бюллетень, научно-технический журнал. Т. 3, № 4(12), 2018, с. 5–11. doi: 10.25744/genb.2018.12.4.001
- Алекперова С.О. Динамика селевых явлений в бассейне р. Курмухчай (Азербайджан) // ГеоРиск, Том XVIII, № 1, 2024, с. 40–49, doi: 10.25296/1997-8669-2024-18-1-40-49
- Ализаде Э.К., Кулиева С.Ю., Кучинская И.Я., Тарихазер С.А. Ландшафтно-геоморфологическая оценка рекреационного потенциала горных геосистем (на примере азербайджанской части Большого Кавказа) // Устойчивое развитие горных территорий. Владикавказ: СКГМИ (ГТУ), т. 9, №2(32), 2017, с. 130–140.
- Будагов Б.А. Геоморфология и новейшая тектоника Юго-Восточного Кавказа. Баку: Элм, 1973, 256 с.
- Будагов Б.А. Рельеф Азербайджана. Сели. Баку: Элм, 1993, с. 35–42
- Мамедов С.Г. Эколого-геоморфологические особенности бассейнов Гирдыманчая и Вельвеличая и их анализ в ГИС-формате // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора философии по географии. Баку, 2007, 24 с.
- Мамедов С.Г., Тарихазер С.А. Применение количественных методов для оценки оползневой восприимчивости бассейна р. Гирдыманчай // Известия Тульского ГУ, вып. 1, 2023, с. 38–67.
- Марданов И.Э. Геоморфологические условия развития селей на Большом Кавказе (в пределах Азербайджанской ССР) // Дисс. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. Баку, 1965, 213 с.
- Махмудов Р.Н. Каталог селевых процессов. Баку, 2008, 104 с.
- Пашаев Н.А. Экономико-географическая оценка воздействия стихийных бедствий на экономику Азербайджанской Республики. Баку: AVROPA, 2018, 370 с.
- Рустамов С.Г. Реки Азербайджанской ССР и их гидрологические особенности. Баку: Издательство АН Азербайджанской ССР, 1960, 196 с.
- Тарихазер С.А. Разработка методики дешифрирования морфоскульптур горных стран (на примере северо-восточного склона Большого Кавказа) // Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. Баку, 1997, 29 с.
- Тарихазер С.А., Мамедов С.Г., Гамидова З.А. Применение количественного метода в исследовании оползневой восприимчивости р. Агсучай // География и водные ресурсы. Казахстан. № 3, 2024, с. 45–57. doi: 10.55764/2957-9856/2024-3-45-57.25.
- Тарихазер С.А. Каталог оползневых явлений в Азербайджане. Москва: МАКСИПРЕСС, 2024, 307 с.
- Tarikhazer S.A. The geographical prerequisites for the identification and prevention of dangerous geomorphological processes in the mountain geosystems of the Alpine-Himalayan belt (on the example of the Major Caucasus of Azerbaijan) // Journal of Geology, Geography and Geoecology. Украина, Днепрпетровск. №1, 2020, с. 176-187. doi: 10.15421/112016.
- Tarikhazer S.A., Kuchinskaya I.Ya., Karimova E.J., Alakbarova S.O. Issues of geomorphological-landscape risk (on the example of the Kishchay river) // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. Казахстан. № 6 (450), 2021, с. 133–140. doi: 10.32014/2021.2518-170X.129.
- Tarikhazer S.A., Kuchinskaya I.Ya., Karimova E.J. Quantitative assessment of debris flow risk in the Greater Caucasus of Azerbaijan (on the example of the northeastern slope) // Journal of Geology, Geography and Geoecology. Украина, Днепрпетровск. Т. 31, № 4, 2022, с. 722–736. doi: 10.15421/112268.