

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

---

Proceedings  
of the 7<sup>th</sup> International Conference

Chengdu, China, 23–27 September 2024



Edited by  
S.S. Chernomorets, K. Hu, K.S. Viskhadzhieva

---

Geomarketing LLC  
Moscow  
2024

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

---

Труды  
7-й Международной конференции

Чэнду, Китай, 23–27 сентября 2024 г.



Ответственные редакторы  
С.С. Черноморец, К. Ху, К.С. Висхаджиева

---

ООО «Геомаркетинг»  
Москва  
2024

# 泥石流： 灾害、风险、预测、防治

---

會議記錄

第七届国际会议

中国成都, 2024年9月23日至27日



編輯者

S.S. Chernomorets, K. Hu, K. Viskhadzhieva

---

Geomarketing LLC

莫斯科

2024

УДК 551.311.8  
ББК 26.823  
С29

**Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection.** Proceedings of the 7th International Conference (Chengdu, China). – Ed. by S.S. Chernomorets, K. Hu, K.S. Viskhadzhieva. – Moscow: Geomarketing LLC. 622 p.

**Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита.** Труды 7-й Международной конференции (Чэнду, Китай). – Отв. ред. С.С. Черноморец, К. Ху, К.С. Висхаджиева. – Москва: ООО «Геомаркетинг», 2024. 622 с.

**泥石流：灾害、风险、预测、防治。 會議記錄 第七届国际会议. 中国成都。** 編輯者 S.S. Chernomorets, K. Hu, K.S. Viskhadzhieva. – 莫斯科: Geomarketing LLC. 622 p.

ISBN 978-5-6050369-6-8

Ответственные редакторы: С.С. Черноморец (МГУ имени М.В. Ломоносова), К. Ху (Институт горных опасностей и окружающей среды Китайской академии наук), К.С. Висхаджиева (МГУ имени М.В. Ломоносова).

Edited by S.S. Chernomorets (Lomonosov Moscow State University), K. Hu (Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS), K.S. Viskhadzhieva (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).

© Селевая ассоциация

© Debris Flow Association



## Оценка оползневой восприимчивости селеопасного Шамахинского административного района Азербайджана (на основе ArcGIS)

С.А. Тарихазер

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

**Аннотация.** Наиболее угрожающим природным бедствием, ведущим к экономическому ущербу и человеческим жертвам, являются оползни. К сожалению, исследованию и изучению их влияния на селевые процессы серьезного внимания не уделялось.

Для снижения ущерба от оползней на примере селеопасного Шамахинского административного района Азербайджана осуществлено подробное исследование факторов (гипсометрия, крутизна склонов, горизонтальное и вертикальное расчленения, литологический состав грунтов, расстояние от разломов, количество атмосферных осадков, высотные ландшафтные комплексы), обуславливающих формирование оползней, принимая во внимание также механизм их образования. Затем был осуществлен анализ выявленных значений оползневой восприимчивости и возможного проявления оползней, являющихся основным источником селевого материала. В программной среде ArcGIS территория исследуемого района была подразделена на три зоны по восприимчивости к формированию оползней: низкая, умеренная и высокая.

**Ключевые слова:** оползень, оползневая восприимчивость, вес фактора, природопользование, антропогенный фактор, картографирование, оценка оползневой опасности, селевой материал

**Ссылка для цитирования:** Тарихазер С.А. Оценка оползневой восприимчивости селеопасного Шамахинского административного района Азербайджана (на основе ArcGIS). В сб.: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 7-й Международной конференции (Чэнду, Китай). – Отв. ред. С.С. Черноморец, К. Ху, К.С. Висхаджиева. – М.: ООО «Геомаркетинг», 2024, с. 489–499.

## Assessment of landslide susceptibility of debris flow hazardous of Shamakhi administrative district of Azerbaijan (based on ArcGIS)

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.** The most threatening natural disaster leading to economic damage and human casualties are landslides, which, to our great regret, have not received serious attention to research and study of their impact on debris flow processes.

To reduce damage from landslides, using the example of the debris flow-prone Shamakhi administrative region of Azerbaijan, a detailed study of factors (hypsometry, slope steepness, horizontal and vertical dissection, lithological composition of soils, distance from faults, amount of precipitation, high-altitude landscape complexes) causing the formation of landslides was carried out, taking into account attention also to the mechanism of their formation. Then, an analysis was carried out of the identified landslide susceptibility values and their possible manifestations, which are the main source of debris flow material. In the ArcGIS software environment, the territory of the study area was divided into 3 zones according to the susceptibility of landslide formation: low, moderate and high.



**Key words:** *landslide, landslide susceptibility, factor weight, environmental management, anthropogenic factor, mapping, landslide hazard assessment, debris flow material*

**Cite this article:** Tarikhazer S.A. Assessment of landslide susceptibility of debris flow hazardous of Shamakhi administrative district of Azerbaijan (based on ArcGIS). In: Chernomorets S.S., Hu K., Viskhadzhieva K.S. (eds.) Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 7th International Conference (Chengdu, China). Moscow: Geomarketing LLC, 2024, p. 489–499.

## Введение

В последние десятилетия в Азербайджане огромное значение придается развитию рекреационной отрасли. Однако, настоящая ситуация в сфере рекреации в Азербайджане весьма неоднозначна. Законодательные акты (Закон «О туризме» от 4 июня 1999 г.), а также Государственные программы развития рекреации в 2010–2014 гг. в Азербайджане явились стимулом к формированию региональных программ становления туризма. А это возможно добиться посредством осуществления исключительного туристско-рекреационного плана, во главу которого окажутся уникальные туристские ресурсы горных регионов Азербайджана. Неуклонность экономического роста, а это возведение туристических объектов, прокладка дорог и пр., может привести к риску развития опасных морфогенетических процессов, которые могут оказывать прямое или косвенное влияние на горные геосистемы. Стало быть, увеличивается объем и многообразие экогеоморфологических рисков природопользования [Tarikhazer, 2020].

Наибольшую угрозу на территории Шамахинского административного района представляют оползни. Площадь Шамахинского района составляет 1611 км<sup>2</sup>. Если до 2000 г. оползневые процессы проявлялись в нескольких селах района – Муганлы, Мейсяри и Мадраса и др., где 180 домов были подвержены оползневым процессам, то после 2000 г. – более 400 домов только в 7 селах района – Чабаны, Мадраса, Мейсяри, I-Чайлы, Муганлы, Аджыдере и Галейбугурд подвержены оползневым процессам. Большинство семей были эвакуированы.

С сожалением отмечаем, что исследованию и изучению воздействия оползней на селевые процессы в Азербайджане не проявляли серьезного внимания. Значит, специфические и нестойкие формы рельефа могут стать существенной угрозой при туристско-рекреационном освоении [Tarikhazer, 2022].

Территория Шамахинского административного района, как компонент активной эпигеосинклинальной орогенической зоны, обладает весьма непростым геолого-геоморфологическим строением. Исследуемый регион находится в юго-восточном погружении Большого Кавказа и является частью аналогичной геосинклинальной складчатой области. Вследствие существенному многообразию расположенных здесь геологических структур, тектонического строения и дифференцированному характеру значительных неотектонических подвижек, рельеф территории отличается распространением опасных морфогенетических процессов (землетрясения (9 баллов), извержения грязевых вулканов, обвалы, оползни, сели и др.). Из этого следует, что в ходе освоения территории Шамахинского административного района в целях развития рекреации существенную ценность имеет вопрос исследования, оценки и прогнозирования развития современных опасных природно-разрушительных процессов. Геодинамически активное, дифференцированное формирование комплекса эндогенно и экзогенно обусловленных процессов рельефообразования несменяемо преобразовывает морфологический (морфометрический) облик рельефа, что крайне необходимо принимать к сведению при освоении чрезвычайно неустойчивых горных геосистем в целях туризма [Мамедов и др., 2023].



## Цель и методы исследований

Целью данного исследования является выявление главных причин формирования и распространения оползневых процессов на территории Шамахинского административного района, дать оценку условий их образования, т.е. риск восприимчивости территории от оползней, являющихся главным источником селевого материала. В основу исследования вошли собственные полевые геолого-геоморфологические работы, анализ полученных результатов, их сочетание с данными по гидрогеологическому строению территории района и гидроклиматическими факторами формирования оползневых процессов.

На сегодняшний день опубликовано множество работ по теме исследования оползней [Guzetti et al., 2005; Lee, Pradhan, 2007; Oh, Lee, 2011; Пендин и др. 2015; Arabameri et al., 2019; Cantarino et al., 2019; Mandal et al., 2019; Nahayo, 2019; Shano et al., 2020; Харченко и др., 2020; Rocatti et al., 2021 и др.].

Для оценки оползневой восприимчивости и составления карт вероятного формирования оползней в исследуемом районе использован интегрированный показатель (по способу взвешенных сумм) восприимчивости территории к оползневому процессу. Для прогноза оползневых процессов следует отметить, что их формирование идентифицируется основными факторами, ну и последующие оползни имеют возможность сформироваться при тех же обстоятельствах, что и прежние.

Итогом проведенного анализа значится разделение изучаемой территории на 3 зон вероятного формирования оползневых процессов – низкая, умеренная и высокая. В ходе исследования на базе отношения правдоподобия (ОП) проведена оценка надежности полученных результатов, что позволит оценить незнакомые величины, построенные на ведомых показателях. Проведена оценка интегрированного параметра (по способу взвешенных сумм) восприимчивости территории к оползневому процессу.

### Краткая характеристика геолого-геоморфологического строения исследуемой территории

Шамахинский административный район в геолого-геоморфологическом отношении является частью единой Шамахино-Гобустанской зоны. В северной части района развиты отложения мела, представленные глинами, известняками и известняковыми песчаниками. На остальной территории развиты палеогеновые и неогеновые отложения. В центральной и южной частях района преобладают плиоценовые отложения – глины, песчаники, пески и пр. Район охватывает высоты от 200–300 до 2200–3500 м. Главнокавказский хребет вблизи г. Бабадаг имеет острые, зубчатые вершины со следами древнего оледенения (кары). Восточнее г. Гюлюмдусту геолого-геоморфологическое строение водораздела хребта резко изменяется. Южнее Главнокавказского хребта с запада на восток протягивается интенсивно расчлененной среднегорье, с широко развитыми оползнями. Центральная часть района выровненная, однако склоны долин междуречья Гирдыманчай-Пирсаатчая интенсивно расчленены оползнями и овражно-балочной сетью, местами и бедлендом.

На территории Шамахинского административного района простирается Чухурюрдское, Гирджакинское, Маразинское и Сюндинское плато. Прослеживаются Тфанская, Говдагская и Гобустанская тектонические продольные ступени, хорошо выраженные в рельефе. На юго-западе района простирается Лянгябизский хребет, северные склоны которого осложнены оползнями. На севере района простирается Дюбрарский горст-синклинозный хребет, южнее которого протягиваются средние эрозионно-денудационные горы. К юго-востоку от них расположен Алтыагадж-Куркачидагский антиклинозный хребет, с крутым и интенсивно расчлененным южным склоном.

Чухурюрдское, Сюндинское и Маразинское синклинальное плато бронированы известняками и с юга ограничены тектоническими нарушениями. Лянгябизский антиклинальный хребет имеет асимметричное строение – южный склон крутой на западе, северный – пологий.



В исследуемом районе горообразовательные процессы, в том числе и разрывные блоковые движения, активно проявляются и в современную эпоху, о чем свидетельствуют частые высокобалльные (9 баллов и более) землетрясения, и развитие сейсмотектонических явлений.

Современные рельефообразующие процессы имеют сложные закономерности территориального распространения. На севере, северо-западе и в центральной части господствуют гравитационные, эрозионно-денудационные, а в юго-западной и юго-восточной частях, наряду с эрозионными, отчасти и гравитационно-денудационными процессами, преобладает и аридная денудация. Долины рек имеют широкое дно, относительно крутые склоны, осложненные оползнями и овражно-балочной сетью. Оползни наиболее активны на севере и западе, действующие периодически, особенно в период увеличения атмосферных осадков в 1,5–2 раза выше среднегодовой нормы. На развитие оползней существенное влияние оказывает активная сейсмичность района. Грязевулканические процессы интенсивно проявляются и усиливаются в юго-восточном направлении. Здесь находится ряд грязевых вулканов, представленные небольшими куполами, грифонами и сальзами – грязевые вулканы Дамирчи, Астрахановка и др.

### Результаты исследования

Основой для оценки оползневой угрозы Шамахинского административного района явилась карта инвентаризации оползней (КИП), на которой отражены 76 мест их активизации (рис. 1). КИП – это важный элемент в оценке оползневого риска. Помимо изображения пространственного размещения оползней КИП содержит в себе морфометрические показатели оползня – размеры, площадь, глубина захвата склонового массива оползневой деформацией [Tarikhazer et al., 2023].

Карты гипсометрии, крутизны склонов получены с помощью цифровой модели рельефа (ЦМР) благодаря инструментов пространственного анализа и перегруппированы на 3 группы на основании алгоритма естественных границ. Показатели «Расстояние от активных разломов» подразделены на 3 группы благодаря инструмента «Евклидово расстояние» ArcGIS: зона разлома, менее 3 км и более 3 км. Карта количества атмосферных осадков получена посредством интерполяции данных о количестве осадков в населенных пунктах, расположенных по соседству. Карта высотных ландшафтных комплексов составлена в программной среде ArcGIS. Сведения о литологическом состоянии грунтов и глубинные разломы оцифрованы с геологической карты Шамахинского района масштаба 1:200 000. Затем для анализа данные карты преобразованы в растровый формат в целях расчета весов классов и факторов, а в итоге получения карты оползневой восприимчивости.



Рис. 1. Карта инвентаризации оползней Шамахинского административного района





Перед нами стояла задача – выявить условия формирования оползневых процессов, т.е. совокупность природных и антропогенных факторов, провоцирующих данные процессы. С учетом собственных данных, а также особенностей оползней и факторов, провоцирующих их развитие, являющихся селевыми очагами, а также в будущем генераторами возникновения селевых процессов, для создания карт оползневой восприимчивости и потенциального их формирования, в нашем исследовании взяты 8 факторов – крутизна склонов, горизонтальное и вертикальное расчленения рельефа, литологический состав грунтов (геологическое строение), расстояние от разломов, гидрологические условия, количество атмосферных осадков, высотные ландшафтные комплексы (рис. 2–10).

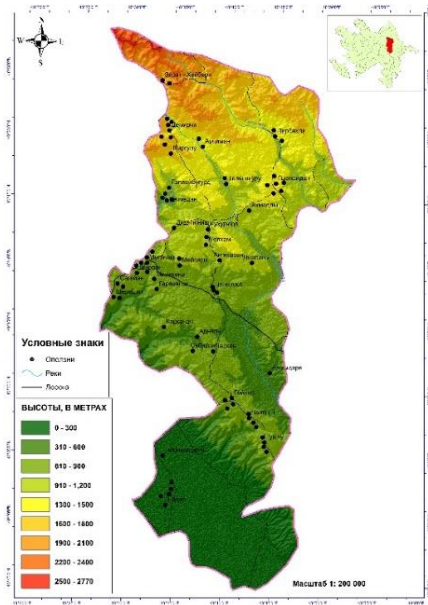


Рис. 2. Гипсометрическая карта Шамахинского административного района

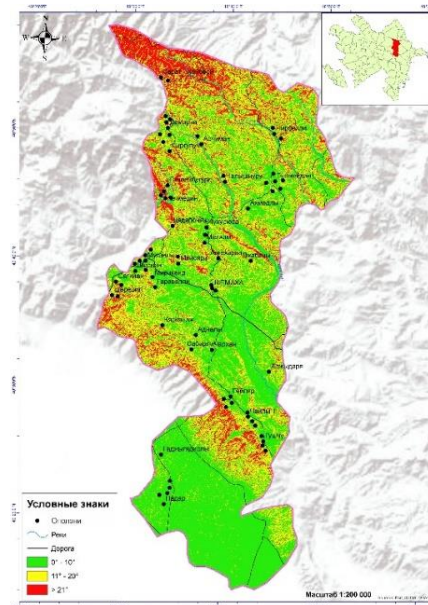


Рис. 3. Карта крутизны склонов

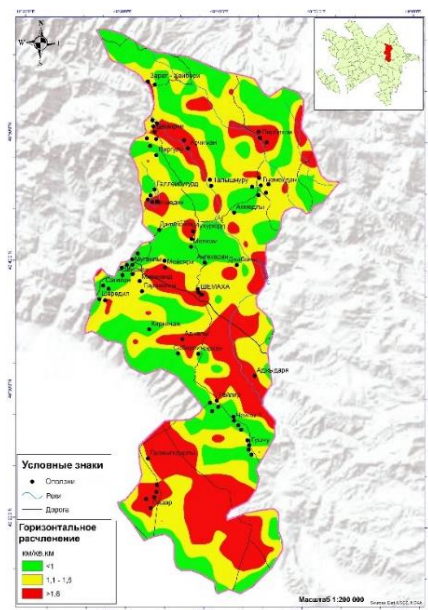


Рис. 4. Карта горизонтального расчленения рельефа

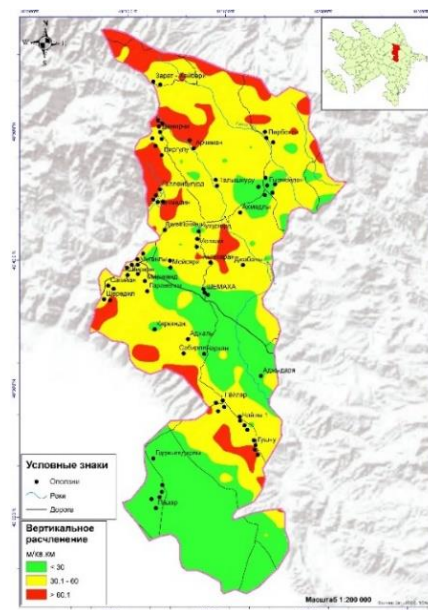


Рис. 5. Карта вертикального расчленения рельефа

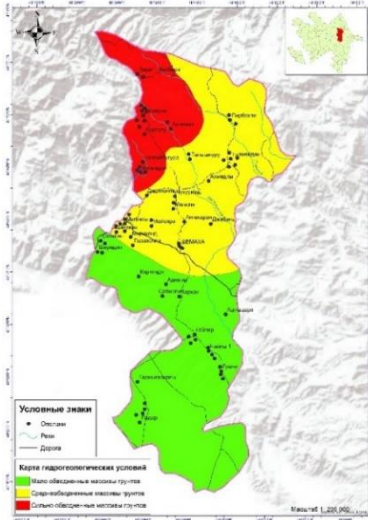


Рис. 6. Карта гидрогеологических условий

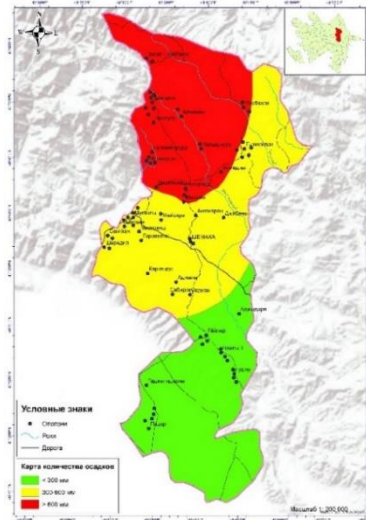


Рис. 7. Карта количества атмосферных осадков

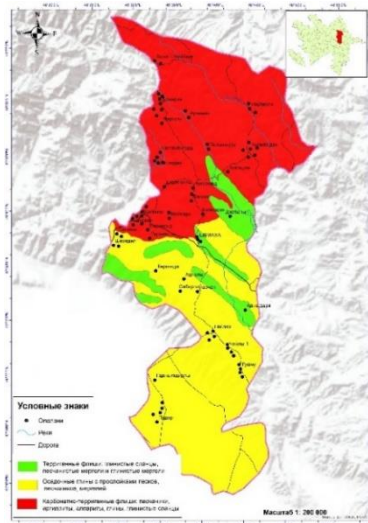


Рис. 8. Карта литологического состава грунтов

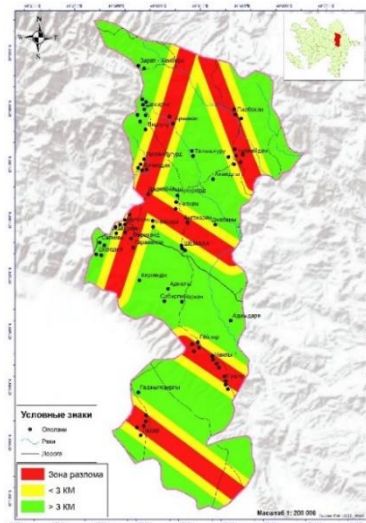


Рис. 9. Карта расстояния от активных разломов

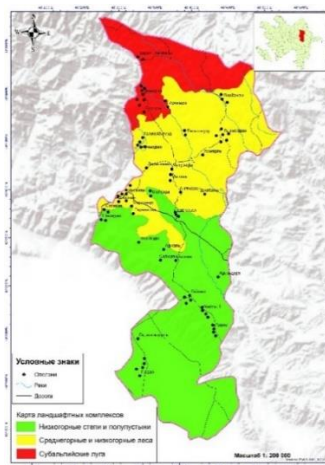


Рис. 10. Карта высотных ландшафтных комплексов



В ходе исследования рассчитана связь между факторами, провоцирующими оползни, и практическим формированием оползней на территории осуществляемых изысканий. Каждый фактор представлен тремя информационными классами (таблица 1). Вес  $x_{ij}$  информационных классов нормируются относительно количества выявленных оползней так, чтобы их сумма для каждого фактора составляла 1:

$$x_{ij} = \frac{\text{количество оползней в данном информационном классе}}{\text{количество оползней на исследуемой территории}} \quad (1)$$

Таблица 1. Разделение основных факторов, обуславливающих активизацию оползневых процессов в Шамахинском административном районе, на информационные классы и вес этих классов

Фактор $W_j$	Классы	Количество оползней	Вес $x_{ij}$
Крутизна склонов (°)	< 10°	5	0,066
	11–20°	53	0,697
	> 21°	18	0,236
	<b>Сумма</b>		1
Горизонтальное расчленение рельефа (км/км <sup>2</sup> )	< 1	19	0,25
	1,1–1,5	35	0,460
	> 1,5	22	0,289
	<b>Сумма</b>		1
Вертикальное расчленение рельефа (км/км <sup>2</sup> )	< 30	18	0,237
	30,1–60	46	0,605
	> 60,1	12	0,157
	<b>Сумма</b>		1
Литологический состав грунтов	Осадочные глины с прослойками песков, песчаников, мергелей	26	0,342
	Терригенные флиши: глинистые сланцы, песчанистые мергели и глинистые мергели	5	0,065
	Карбонатно-терригенные флиши: песчаники, аргиллиты, алевролиты, глины, глинистые сланцы	45	0,592
	<b>Сумма</b>		1
Расстояние от активных разломов (км)	< 3	20	0,263
	> 3	24	0,315
	Зона разлома	32	0,421
	<b>Сумма</b>		1
Гидрогеологические условия	Мало обводненные грунты	27	0,355
	Среднеобводненные грунты	32	0,421
	Сильно обводненные грунты	17	0,223
	<b>Сумма</b>		1
Количество атмосферных осадков (мм/год)	< 300	19	0,25
	300–600	27	0,355
	> 600	30	0,394
	<b>Сумма</b>		1
Высотные ландшафтные комплексы	Субальпийские луга	10	0,131
	Низкогорные степи и полупустыни	27	0,355
	Среднегорные и низкогорные леса	39	0,513
	<b>Сумма</b>		1



Далее был рассчитан вес фактора  $W_j$  ( $j = 1, 2, 3, \dots, 8$ ) (таблица 2). Вес фактора вычисляется по формуле:

$$W_i = \frac{m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad (2)$$

где  $W_i$  – вес фактора  $A_i$ ;  $m_i$  – среднее геометрическое значение  $i$  строки.

Таблица 2. Вес фактора оползнеобразования  $W_i$

Фактор	Уровень значимости $I$	Вес $W_i$
Литологический состав грунтов	9	0.225
Гидрогеологические условия	7	0.175
Крутизна склонов	7	0.175
Количество атмосферных осадков	6	0.150
Расстояние от активных разломов	5	0.125
Высотные ландшафтные комплексы	3	0.075
Вертикальное расчленение рельефа	2	0.050
Горизонтальное расчленение рельефа	1	0.025

Интегрированный показатель восприимчивости территории к оползневому процессу (по способу взвешенных сумм) вычисляется по формуле:

$$S = \frac{I_1}{(I_1+I_2+I_3+\dots+I_n)} + \frac{I_2}{(I_1+I_2+I_3+\dots+I_n)} + \dots + \frac{I_n}{(I_1+I_2+I_3+\dots+I_n)}. \quad (3)$$

На основе данных формул строится карта районирования территории по восприимчивости к оползневой опасности. Выделены три зоны: 1. Зона с низкой оползневой восприимчивостью; 2. Зона с умеренной оползневой восприимчивостью; 3. Зона с высокой оползневой восприимчивостью (рис. 11).

Анализ составленной карты районирования показал, что большая часть Шамахинского административного района характеризуется высокой оползневой опасностью. В геологическом отношении к зоне с высокой оползневой опасностью относятся территории, где массивы грунтов сложены карбонатно-терригенными флишами: песчаники, аргиллиты, алевролиты, глины, глинистые сланцы, которые располагаются в зоне воздействия активных тектонических разломов. Причиной активизации оползневых процессов в данной зоне являются высокая энергия рельефа, а также слабая прочность массивов грунтов и их нарушенность тектоническими разломами. К зоне с низкой оползневой опасностью относятся зоны, массивы грунтов сложены осадочными глинами с прослойками песков, песчаников, мергелей.

Было выявлено, что периоды образования новых оползней и различных подвижек совпадают с периодами дождей. Это связано с изменением свойств и состояния слагающих склоны грунтов из-за их избыточного увлажнения. Кроме того, происходит подъем уровня грунтовых вод и, как следствие, с возрастанием в грунтах порового давления. Количество выпавших атмосферных осадков оказывает влияние и на гидрологический режим рек, который определяет интенсивность эрозионных процессов и активизацию оползней на береговых участках. Особенность рельефа территории является одним из основных условий, способствующих образованию оползней. Именно рельеф определяет запасы потенциальной энергии, способствующей развитию оползней.

Воспользовавшись формулой L. Sarg [2004], мы также провели оценку показателя восприимчивости выделенных зон территории Шамахинского административного района при районировании оползневой опасности:

$$ОП = \frac{\% \text{ оползней}}{\% \text{ площади}}. \quad (4)$$

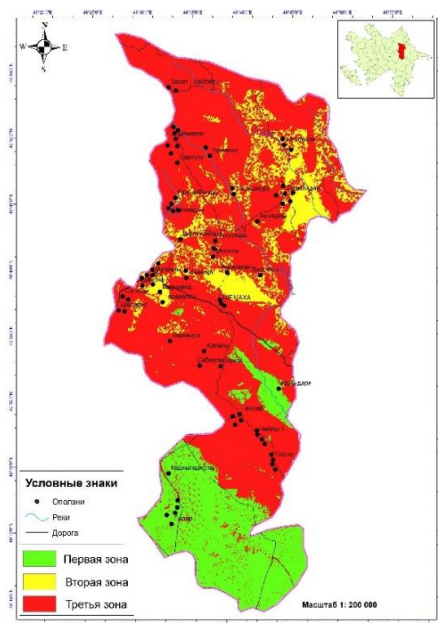


Рис. 11. Карта районирования по восприимчивости к оползневой опасности территории Шамахинского административного района

По мнению L. Sago [2004], для оценки S отношение правдоподобия (ОП) является отражением условной вероятности. Т.е., если ОП > 1, то на изучаемой территории высокая вероятность проявления оползневой опасности. Если же ОП < 1, следовательно, вероятность проявления оползневой опасности низкая. Результаты оценки ОП способом взвешенных сумм отражены в таблице 3 и на рис. 12.

Из карты следует, что большая часть территории Шамахинского административного района (73,68%) характеризуется высокой восприимчивостью к оползневой опасности. Зона с умеренной восприимчивостью к оползневой опасности составляет 11,78% территории, а зона с низкой восприимчивостью к оползневой опасности – 14,54% территории.

Таблица 3. Оценка ОП по способу взвешенных сумм

Зона оползневой опасности	Площадь зоны	Количество оползней	% оползней	% площади	ОП
Зона с низкой оползневой опасностью	218 км <sup>2</sup>	4	5,26	13,53	0,38
Зона с умеренной оползневой опасностью	206 км <sup>2</sup>	9	11,84	12,78	0,92
Зона с высокой оползневой опасностью	1187 км <sup>2</sup>	63	82,89	73,68	1,12



Рис. 12. ОП для выделенных зон оползневой опасности





## Заключение

В Азербайджане в целях снижения или предотвращения природных рисков оценка оползневой опасности служит ценным компонентом национальной стратегии. По этой причине на основе ArcGIS проведено районирование по восприимчивости к оползневой опасности территории Шамахинского административного района, являющегося одним из селеопасных районов Большого Кавказа в пределах Азербайджана. Исследуемая территория была подразделена на 3 зоны по степени восприимчивости к оползневой опасности: низкая, умеренная и высокая. Для оценки оползневой восприимчивости вероятного формирования оползней в исследуемом районе использован интегрированный показатель (по способу взвешенных сумм) восприимчивости территории к оползневому процессу. Была рассчитана связь между факторами, провоцирующими оползни, и практическим формированием оползней на территории осуществляемых изысканий. Неопровержимость выявленных моделей оценена формулой Saro L., указавшая на высокую результативность применяемого метода. Итог выполненных работ крайне необходим в целях оценки оползневой опасности и рисков, планирования устойчивого землепользования и сокращения урона от оползней, являющихся основным источником селевого материала на изучаемой территории. За счет максимальной точности данный метод следует использовать для оценки оползневой восприимчивости различных регионов Альпийско-Гималайского пояса.

## Список литературы

- Мамедов С.Г., Тарихазер С.А. Применение количественных методов для оценки оползневой восприимчивости бассейна реки Гирдыманчай // Известия Тульского ГУ. Вып. 1. 2023. С. 38–66.
- Пендин В.В., Фоменко И.К. Методология оценки и прогноза оползневой опасности. М.: ЛЕНАНД, 2015. 320 с.
- Харченко С.В., Шварев С.В. Прогнозирование оползневой опасности в окрестностях Красной Поляны на основе линейного дискриминантного анализа // Вестник Московского Государственного Университета. Серия 5. География. 2020. № 3. С. 22–33.
- Arabameri A., Pradhan B., Rezaei K., Lee C.-W. Assessment of landslide susceptibility using statistical- and artificial intelligence-based FR–RF integrated model and multiresolution DEMs // Remote Sensing. 2019. V. 11. Iss. 9. URL: <https://doi.org/10.3390/rs11090999>.
- Cantarino I., Carrion M.A., Goerlich F., Martinez Ibañez V. A ROC analysis-based classification method for landslide susceptibility maps // Landslides. 2019. V. 16. I. 2. P. 265–282. URL: <https://doi.org/10.1007/s10346-018-1063-4>
- Guzzetti F., Reichenbach P., Cardinali M., Galli M., Ardizzone F. Probabilistic landslide hazard assessment at the basin scale // Geomorphology. 2005. V. 72. Iss. 1. P. 272–299. URL: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2005.06.002>
- Lee S., Pradhan B. Landslide hazard mapping at Selangor, Malaysia using frequency ratio and logistic regression models // Landslides. 2007. V. 4. P. 33–41.
- Mandal S., Mondal S. Statistical approaches for landslide susceptibility assessment and prediction. Switzerland: Springer International Publishing, 2019. 200 p.
- Nahayo L., Mupenzi C., Habiyaremye G., Kalisa E., Udahogora M., Nzabarinda V., Li L. Landslides hazard mapping in Rwanda using bivariate statistical index method // Environmental Engineering Science. 2019. V. 36. Iss. 8. P. 892–902. URL: <https://doi.org/10.1089/ees.2018.0493>.
- Oh H.-J., Lee S. Cross-application used to validate landslide susceptibility maps using a probabilistic model from Korea // Environmental Earth Science. – 2011. V. 64. P. 395–409.
- Roccati A., Paliaga G., Luino F., Faccini F., Turconi L. GIS-based landslide susceptibility mapping for land use planning and risk assessment // Land. 2021. V. 10. Iss. 2. URL: <https://doi.org/10.3390/land10020162>.
- Saro, L. Application of Likelihood Ratio and Logistic Regression Models to Landslide Susceptibility Mapping Using GIS // Environmental Management, – 2004. Vol. 34. № 2, – p. 223–232.
- 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) // Bulletin of Dnipropetrovsk University. Geology, Geography and Geoecology. 2020. № 1. P. 176–187. DOI <https://doi.org/10.15421/112016>
- Tarikhazer S.A. Assessment of ecological strength and risk of geosystems of the north-eastern slope of the Great Caucasus (within Azerbaijan) // Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series Geology. Geography. Ecology. 2022. V. 56. P. 264–276. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-56-20>
- Tarikhazer S.A., Mammadov S.G., Hamidova Z.A. Application of quantitative methods for the assessment of landslide susceptibility of the Aghsuchay river basin // Visnyk of VN Karazin Kharkiv National University, series" Geology. Geography. 2023. № 58. P. 257–273. <https://doi.org/10.26565,2410-7360-2023-58-20>
- Shano L., Raghuvanshi T.K., Meten M. Landslide susceptibility evaluation and hazard zonation techniques—a review // Geoenvironmental Disasters. 2020. V. 7. Iss. 1. URL: <https://doi.org/10.1186/s40677-020-00152-0>.