

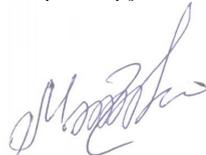
**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ  
НАУК ТАДЖИКИСТАНА  
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ, СЕЙСМОСТОЙКОГО  
СТРОИТЕЛЬСТВА И СЕЙСМОЛОГИИ**

*На правах рукописи*

УДК: 624. 131.1: 551.3(575.32)

ББЛ 26.1 (2 Тадж.)

P- 12



**РАХИМЗОДА МАНИЖА РАХМОН**

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ  
ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
ДОЛИНЫ РЕКИ ГУНТ**

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

диссертация на соискание ученой степени кандидата  
геолого-минералогических наук по специальности  
25.00.08 - Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение

Душанбе-2025

Работа выполнена в Институте геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии НАНТ.

**Научный руководитель:** **Оймухаммадзода Илхомджон Султон** – кандидат геолого-минералогических наук, Начальник Главного управления геологии при Правительстве Республики Таджикистан

**Официальные оппоненты:** **Лаврусевич Андрей Александрович** – доктор геолого-минералогических наук, профессор, зав. каф. Урбоэкологии ЭК ФГБОУ ВО РГГРУ им. Серго Орджоникидзе (МГРИ)

**Андамиён Раджабали Шамс** – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры гидрогеологии и инженерной геологии геологического факультета Таджикского национального университета

**Ведущая организация:** Центрально-Азиатский Институт прикладных Исследований Земли, Кыргызская Республика

Защита диссертации состоится «08» декабря 2025 г. в 10<sup>00</sup> часов на заседании объединённого Диссертационного совета 6D.KOA-057 при Таджикском национальном университете и Института геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии Национальной Академии наук Таджикистана по адресу: 734025, г. Душанбе, пр. Рудаки 17, корп. ТНУ, E-mail: tnu@mail.tj; тел: (992-372) 21-77-11 факс: (992-372) 21-77-11.

С диссертацией можно ознакомиться на сайте [www.tnu.tj](http://www.tnu.tj) и в центральной библиотеке Таджикского национального университета по адресу 734025, г. Душанбе, проспект Рудаки 17.

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 г.

**Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат технических наук, доцент**



**Гайратов М.Т.**

## Введение

**Актуальность темы.** Характерной особенностью Юго-Восточного Таджикистана (Памир) является активное проявление современных экзогенных геологических процессов, таких, как оползни, осыпи, лавины, сели и т.п. В разные годы на Памире проводились многочисленные работы по изучению тектоники, стратиграфии, геоморфологии, сейсмики, полезных ископаемых и по инженерной геологии, в результате которых было установлено сложное строение региона. Интерес к его изучению не угас до сих пор, но на современном этапе в связи с активизацией климатических изменений, зачастую приобретающих характер катастрофических событий, весьма актуальным является изучение экзогенных геологических процессов. Примером могут служить гляциальные сели, прошедшие на Памире в 2015 и 2023 годах. Повсеместное повышение температуры ведёт к увеличению количества выпадающих дождей и таянию ледников, что также активизирует экзогенные процессы. В этих условиях необходимо применение современных методов исследования, в первую очередь дистанционного зондирования. В пределах долины р. Гунт расположены г. Хорог, населенные пункты Шугнанского района, оздоровительные санатории, а также международного «Шёлково пути» Душанбе-Хорог-Кульма. Для уменьшения степени угрозы населению и их хозяйствам от последствий экзогенных геологических процессов весьма важны более детальное изучение этих процессов на изучаемой территории, их пространственной взаимосвязи с геологическими, морфометрическими и климатическими факторами, а также оценка восприимчивости к их возникновению с применением современных геоинформационных технологий. Из числа экзогенных геологических процессов предметом

исследования долины р. Гунт являлись оползни, осыпи и лавины, изучение которых имеет большое практическое значение при освоении новых территорий.

#### **Степень научной проработанности темы исследования.**

Основным требованием к методам расчёта соотношения одним из основных преимуществ оценки соотношения частотности является снижение вычислительной трудоёмкости при одновременном сохранении приемлемого уровня точности получаемых результатов. Совершенствованию методов оценки соотношения частотности посвящены работы Х.М. Абул, А.Л. Ачу, С. Мандала, Ш.А. Файзуллоева, Ш. Мухаммадзода, Д.Ф. Байгенова, С. Хуссайна, Р. Мохамингама, С. Мина, Х.Л. Хонга, Н. Салима, П. Янга, И. Янинга, Ф. Силалахи, С. Памилы, Б. Сона и других.

**Связь исследования с программами и научными темами.** Научно-исследовательская работа проводилась в первую очередь в рамках национальной стратегии Республики Таджикистан по снижению риска стихийных бедствий на 2019-2030 годы, утвержденной постановлением Правительства Республики Таджикистан от 29 декабря 2018 года, №602; Программы геологического развития Республики Таджикистан на 2021-2030 гг., утвержденной постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 апреля 2021 года, №172, и в соответствии с темой «Создание новой карты сейсмической опасности территорий Таджикистана» лаборатории оценки сейсмической опасности Института геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии НАНТ (УДК 550.34:551.78(575.3), № ГР №0116ТJ00576).

#### **Общая характеристика работы**

**Целью диссертационной работы.** Выявление пространственной закономерности развития экзогенных геологических процессов долины р. Гунт и разработка карт, характеризующих вероятность возникновения оползней, осыпей и лавин на исследуемой территории.

**Задачи исследования.** Достижение цели обеспечивалось решением ряда задач, в том числе:

1. Составление карт инвентаризации оползней, осыпей и лавин долины р. Гунт с использованием архивных материалов и данных дистанционного зондирования.
2. Создание ГИС - базы данных оползней, осыпей и лавин.
3. Установление факторов пространственных взаимоотношений оползней, осыпей и лавин.
4. Разработка модели восприимчивости к формированию оползней, осыпей и лавин с применением количественных методов исследования.
5. Сравнительный анализ модели восприимчивости к возникновению экзогенных процессов с применением ROC- кривой.

**Объект исследования.** Объектом исследования явилась долина р. Гунт Юго-Западного Памира.

**Предмет исследования.** Экзогенные геологические процессы, такие, как оползти, осыпи и лавины долины р. Гунт.

**Теоретическая и практическая значимость полученных результатов.** Полученные результаты в ходе исследования долины р. Гунт весьма важны для оценки оползневой, лавинной опасности и опасности возникновения осыпей, а также выявления рисков при планировании землепользования. Результаты также можно использовать для оценки степени ущерба от природных опасностей. Используемый метод также рекомендуется для оценки восприимчивости к возникновению оползней, осыпей и лавин других территории Горно-Бадахшанской Автономной Области.

#### **Научная новизна работы.**

1. Впервые проведён коррелятивный анализ оползневых явлений долины реки Гунт с применением современных ГИС-технологий.

2. Впервые был использован количественный метод (соотношения частотности) для выявления пространственных закономерностей осыпей.
3. Впервые создана карта восприимчивости к возникновению осыпей.
4. Впервые проведена оценка восприимчивости к возникновению лавин, на основе выявленных коррелятивов.

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

1. Развитие оползневых явлений территории долины реки Гунт зависит от морфометрических, климатических и геологических условий.
2. Взвешивание основных факторов осыпей района исследования позволило создать модель восприимчивости к их возникновению с хорошей прогностической способностью.
3. Моделирование восприимчивости к возникновению лавин показывает, что наибольшими восприимчивыми зонами являются нижние части склонов долины реки Гунт.

**Степень достоверности результатов.** Научно-практические результаты получены по данным полевых и экспериментальных работ, анализ, выводы и рекомендации обоснованы и уточнены аналитическими, статистическими методами и современными компьютерными технологиями что обеспечивает достоверность результатов.

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности.** Содержание исследований в данной диссертации соответствует пунктам 10, 12, 14 и 17 паспорту специальности 25.00.08- инженерная геология, мерзлототоведение и грунтоведение.

10. Роль климата, подземных и поверхностных вод, геологической истории и геодинамических режимов территорий, техногенеза и других факторов и развитии геологических, геокриологических и инженерно-геологических процессов.
12. Физические, математическое, аналоговое и другое моделирование геологических, геокриологических и инженерно-

геологических процессов, прогноз развития во времени пространстве, оценка и управление геологическими опасностями и геологическими рисками.

14. Закономерности пространственной и временной изменчивости свойств грунтов, геологических, геокриологических и инженерно–геологических процессов, других компонентов инженерно–геологических и геокриологических условий, их устойчивость к природным и техногенным воздействиям разного генезиса.1.17. Геоэкологическая оценка территорий. Современные методы геоэкологического картирования, информационные системы в геоэкологии. Разработка научных основ государственной экологической экспертизы и контроля.

17. Геоинформационные системы и геоинформационные технологии решения задач инженерной геологии, мерзлотоведения и грунтоведения.

**Личный вклад соискателя ученой степени в исследовании.** Создание ГИС-базы данных на основе оцифровки материалов, подготовка данных для интерпретации расчетов, создание моделей восприимчивости к возникновению оползней, осыпей и лавин, проведение полевых работ для верификации моделей, а также формулировке выводов и подготовке материала для научных публикаций.

**Апробация и реализация работы.** Карта инвентаризации оползней, осыпей и лавин составлена с использованием архивных данных и использованием программного обеспечения Google Earth Pro; проведением верификации данных в поле; моделированием восприимчивости к возникновению оползней, осыпей и лавин в ГИС-программе ArcGIS Desktop версии 10.6.1. и оценкой данных ROC-анализом; публикацией основных результатов работы в рецензируемых изданиях ВАК РФ; апробацией результатов научных исследований на конференциях разного ранга.

Основные результаты, представленные в диссертации, докладывались на: международной научно-практической конференции «Проблемы инженерной геологии, гидрогеологии, гидрологии и разработки месторождений полезных ископаемых Таджикистана и сопредельных территорий», посвящённой 80-летию со дня рождения заслуженного работника Таджикистана, доктора технических наук, профессора, академика инженерной академии республики Таджикистан Комилова Одины Комиловича. Республиканская научно-теоретическая конференция на тему: «Важность внедрения современных методов поиска, разведки, добычи полезных ископаемых и учета экологическо-экономических аспектов для перспективного развития национальной промышленности страны», посвящённая «Дню геолога» на тему “Зонирования территории долины реки Гунт по степени восприимчивости к возникновению оползней” 8 декабря 2022 года. Республиканское научное мероприятие, посвящённое Международному дню женщин и девушек в науке и "Двадцатилетию обучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования", на тему “Влияние крутизны и экспозиции склонов на развитие оползней в долине реки Гунт” Душанбе, 2023. 14-й курс по геоинформационным системам (ГИС) для геонаучных специалистов. Учебный институт Геологической службы Индии, Хайдарабад, на тему “Some regularities of landslide phenomena in the valley of the Gund river in the republic of Tajikistan”. 18.01-01.02.2023. Хайдарабад. Rahimbekova M.R.” Use of frequency ratio method and GIS for landslide susceptibility modeling: a case study in the South-Western part of Tajikistan” / Faizulloev Sh. A., Alamov B. A., Rahimbekova M.R.// Confronting natural hazards and climate change, Szeged, 21-23 May 2025. -С.24.

**Публикации.** Основные положения диссертационной работы опубликованы в 12 печатных работах, из них 6 в рецензируемых ВАК при Президенте РФ изданиях.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, 6 глав, заключения и списка использованной литературы и включает 153 страниц компьютерного текста, 52 иллюстраций, 13 таблиц и 166 наименований литературных источников.

### **Основные содержание диссертации**

Введение включает обоснование актуальности исследования экзогенных геологических процессов (оползней, осыпей, лавин) в долине реки Гунт. Формулируются цель и задачи исследования, определяются объект и предмет, описываются этапы и методы работы, указывается связь с национальными научными программами, подчёркиваются научная новизна и практическая значимость результатов, формулируются положения, выносимые на защиту, отражаются личный вклад автора, публикационная активность, а также приводятся сведения о структуре и объёме диссертации.

**В первой главе** «К истории изученности района работ» рассматривается история изучения долины реки Гунт с акцентом на геологические и инженерно-геологические исследования. Описаны ключевые этапы развития научных представлений о территории, а также основные направления и результаты работ, проведённых как отечественными, так и зарубежными учёными. Особое внимание уделено анализу исследований, связанных с геологическим строением и экзогенными процессами региона.

**Во второй главе** «Геологическое строение долины реки Гунт» по материалам предыдущих исследователей даётся всесторонняя характеристика геологического строения долины реки Гунт. Рассматриваются история исследований, стратиграфия, тектоника, магматизм и геоморфология

региона. Описаны литологические особенности геологических свит, интрузивные и метаморфические породы, а также тектонические процессы. Приводится классификация рельефа по морфологическим подтипам и анализируются современные и древние формы рельефа. Также затрагиваются сейсмические особенности, включая активные зоны Памира.

**В третьей главе** «Материалы и методы исследования» описаны материалы и методы моделирования восприимчивости территории к оползням, включая разделение оползневых данных на обучающую и валидационную выборки для повышения точности модели. Применяются статистические методы - ROC-анализ и кросс-табуляция - а также ГИС-технологии, такие как ArcGIS. Рассматривается создание карты инвентаризации оползней на основе дешифровки космических и аэрофотоснимков с последующей полевой верификацией, при этом подчёркивается важность качества исходных данных и оборудования.

#### **Глава 4. Зонирования территории долины реки гунт по степени восприимчивости к возникновению оползней**

В условиях новой системы планирования освоения горных территорий, с целью содействия более эффективному землепользованию вопросы по пространственным закономерностям и районированию по степени восприимчивости к возникновению оползней приобретают важное значение.

Исследование закономерностей развития оползней и построение моделей их восприимчивости имеют особую значимость для территорий, где планируется возведение линейных инженерных сооружений. Проведение подобных работ позволяет оптимизировать затраты, направляя основные финансовые ресурсы на участки с наибольшей вероятностью возникновения оползней. В целом, карты

регионального уровня служат инструментом для выделения зон, в пределах которых требуется более детальное обследование и проведение работ локального масштаба. Таким образом, в данной работе анализируется лишь часть оползнеобразующих факторов, таких, как крутизна, экспозиция и кривизна склонов, высотная зональность и пиковое ускорение грунтов.

### **Факторы оползнеобразования и их характеристики.**

Для выявления зависимости развития оползней от крутизны склонов установлено, что большая часть оползней Памира приурочена к склонам с крутизной 30-45<sup>0</sup>. Однако из-за недоступности выходных данных эти результаты невозможно учитывать в качестве входных материалов, что может привести к неправильной интерпретации других анализируемых факторов, которые имеют перспективный характер и будут использованы в качестве взвешенных данных для зонирования восприимчивости к возникновению оползней.

Помимо крутизны склонов, для развития оползней большое значение имеет экспозиция склонов. Влияние данного фактора на устойчивость склонов в последнее время вызывает большие споры среди исследователей. Серьезного внимания заслуживают мнения ряда авторов, которые полностью убеждены в двояком влиянии этого фактора. Эти выводы сделаны на основе изучения ряда литературных данных и собственного статистического анализа.

Высокую корреляцию оползневых явлений со склонами с северной ориентацией авторы публикации связывают с малым попаданием солнечных лучей на поверхность этих склонов, вследствие чего на склонах с северной экспозицией по сравнению с другими влага накапливается больше, тем самым создаётся большая нагрузка на склон [1-7].

Приведённая на рисунке 1 кривая показывает, что оползни больше всего развиты на склонах с восточной и юго-восточной

экспозицией. Таким образом, полученные данные приводят к иному выводу, поэтому проведение анализа влияния экспозиции склонов для бассейна реки Гунт является актуальной задачей.



**Рисунок 1. - График зависимости соотношения частотности оползневых явлений от показателей экспозиции склонов**  
**Результаты исследования**

Моделирование восприимчивости к возникновению оползней и их закономерностей для долины реки Гунт основано на применении метода соотношения частотности. Расчет соотношения частотности проводился по формуле 1[4].

$$FR_i = \frac{N_{cell}(S_i)/N_{cell}(N_i)}{\sum N_{cell}(S_i)/\sum N_{cell}(N_i)} \quad (1)$$

$FR_i$  – соотношения частотности;

$N_{cell}(S_i)$  – количество пикселей с оползнями в классе;

$N_{cell}(N_i)$  – количество пикселей в классе;

$\sum N_{cell}(S_i)$  – общее количество пикселей с оползнями на карте;

$\sum N_{cell}(N_i)$  – общее количество пикселей на карте.

Выявлено, что наибольшее влияние на развитие оползней долины реки Гунт оказывают склоны с крутизной

20-30<sup>0</sup> и 30-40<sup>0</sup>. В других показателях этого фактора коэффициент соотношения частотности ниже единицы, что показывает относительно меньшее влияние на развитие оползней этого экзодинамического процесса.

Высотная зональность района работ была создана с применением цифровой модели рельефа с разрешением 30м и разделена на пять классов. Среди показателей высотной зональности, класс 2048-3000м преобладает над другими показателями этого фактора. Таким образом, по мере повышения высотности наблюдается закономерное понижение соотношения частотности [8-12].

Согласно результатам данного анализа, по показателям соотношения частотности элементы экспозиции склонов располагаются следующим образом (по мере уменьшения коэффициента соотношения частотности): юго-западная, северная, южная, юго-восточная, западная, северо-восточная, восточная, северная и северо-западная экспозиции склонов (табл.1).

На территории долины реки Гунт анализируемые оползни больше всего приурочены к показателю 380-400мм/г. Таким образом, показатель 360-380 занимает второе место по значимости. Надо отметить, что коэффициент соотношения частотности в показателе 380-400 намного превышает эти коэффициенты в других показателях карты количества атмосферных осадков.

**Таблица 1. - Результаты взвешивания факторов оползнеобразования**

Крутизна склона					
Класс	Ncell(N <sub>i</sub> )	∑Ncell(N <sub>i</sub> )	Ncell(S <sub>i</sub> )	∑Ncell(S <sub>i</sub> )	FR <sub>i</sub>
0-5	326033		7		0,02
5-10	422690		78		0,13
10-20	1089616		1216		0,78
20-30	1427522	5363835	2825	7666	1,38
30-40	1338109		2633		1,38
40-50	585173		748		0,89

**Продолжение таблица 1.**

>50	174692		159		0,64
<b>Экспозиция склона</b>					
Класс	Ncell(N <sub>i</sub> )	∑Ncell(N <sub>i</sub> )	Ncell(S <sub>i</sub> )	∑Ncell(S <sub>i</sub> )	FR <sub>i</sub>
Ровная	49179		0		0,00
Северная	685905		87		0,19
Северо-восточная	650060		671		0,72
Восточная	679277	5363835	619	7666	0,64
Юго-восточная	646452		1216		1,32
Южная	676628		1726		1,78
Юго-западная	674980		1863		1,93
Западная	662526		1225		1,29
Северо-западная	638828		159		0,17
<b>Высотная зональность</b>					
Класс	Ncell(N <sub>i</sub> )	∑Ncell(N <sub>i</sub> )	Ncell(S <sub>i</sub> )	∑Ncell(S <sub>i</sub> )	FR <sub>i</sub>
2048-3000	370560		4427		8,36
3000-3500	554436		1205		1,52
3500-4000	1176972	5363835	1596	7666	0,95
4000-4500	1564166		438		0,20
4500-5785	1697701		0		0,00
<b>Кривизна склона</b>					
Класс	Ncell(N <sub>i</sub> )	∑Ncell(N <sub>i</sub> )	Ncell(S <sub>i</sub> )	∑Ncell(S <sub>i</sub> )	FR <sub>i</sub>
Вогнутая	449730		660		1,02 7
Ровная	4006127	5363833	5661	7666	0,98 9
Выпуклая	907976		1346		1,03 7
<b>Количество атмосферных осадков мм/год</b>					
Класс	Ncell(N <sub>i</sub> )	∑Ncell(N <sub>i</sub> )	Ncell(S <sub>i</sub> )	∑Ncell(S <sub>i</sub> )	FR <sub>i</sub>
289-340	899504		0		0,00
340-360	1027746		438		0,30
360-380	539513		313		0,41
380-400	1488934	5432651	6915	7666	3,29
400-437	1476954		0		0,00

Ранее приведённые исследования по влиянию и роли сейсмичности на развитие оползней показывают, что сейсмичность можно ставить на первое место среди всех факторов. В связи с этим анализированных карт, была создана карта восприимчивости к возникновению оползней (рис.2).

было принято решение не проводить анализ соотношения частотности для карты спектральных ускорении грунтов. Таким образом, просто сопоставляя карту с результатами суммирования всех ранее

Таким образом, карта привлекает к себе внимание тем, что периферию восточной части карты занимают зоны с очень низкой и низкой восприимчивостью, кроме центра этой части, где господствует средняя восприимчивость. Подобная восприимчивость наблюдается в юго-западной части карты. Возможными причинами очень низкой и низкой восприимчивости на периферийных частях карты могут быть низкая сейсмичность и суровые климатические условия, где, вероятно, развиты другие экзогенные геологические процессы.

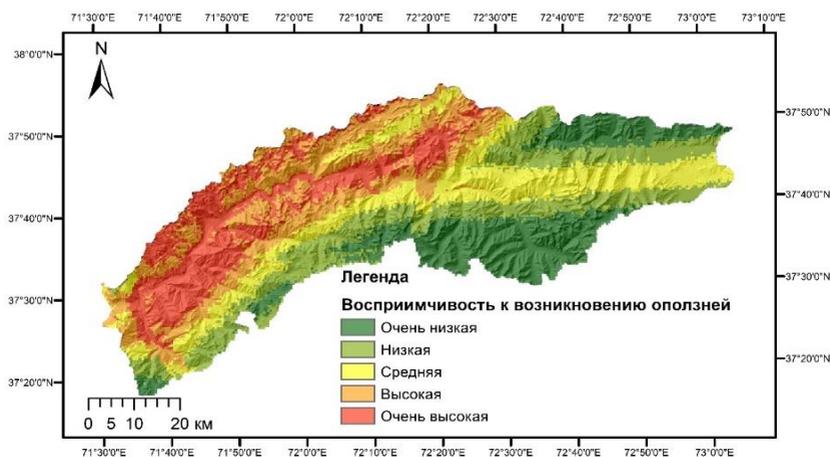


Рисунок 2. - Карта восприимчивости к возникновению оползней

## Глава 5. Влияние морфометрических и климатических условий на развитие осыпей долины реки гунт

Для выявления основных закономерностей, все выделенные осыпи были внедрены в ГИС-формат. Ранее с применением ГИС-технологии и метода соотношения частотности были анализированы аналогичные факторы оползнеобразующих процессов

По результату корреляционного анализа крутизны склонов обнаружено, что коэффициент соотношения частотности по классам этого фактора варьирует от 0,01 до 2,1. Как и в случаях изучения оползневых явлений по району Коэффициент соотношения частотности достигает своего максимума на предпоследнем классе крутизны склона. Самый низкий коэффициент наблюдается по склонам с углом наклона до  $5^0$ , что не странно, так как при полевых исследованиях было замечено, что такие морфометрические условия более благоприятны для накопления материалов склоновых процессов (табл. 2).

Таблица 2. - Результаты расчёта соотношения частотности по крутизне склонов

Крутизна склонов (в градусах)					
Класс	Ncell(Ni)	$\sum$ Ncell(Ni)	Ncell(Si)	$\sum$ Ncell(Si)	FR <sub>i</sub>
0-5	326033	0,06	92	0,00	0,01
5-10	422690	0,08	492	0,00	0,06
10-20	1089616	0,20	6145	0,05	0,27
20-30	1427522	0,27	24199	0,22	0,81
30-40	1338109	0,25	50200	0,45	1,79
40-50	585173	0,11	25729	0,23	2,10
>50	174692	0,03	5352	0,05	1,46

В классах экспозиций склонов коэффициент соотношения частотности варьируется в пределах 0-1,36, причём максимальное значение приходится на склоны с северо-западной ориентацией.

Кроме отмеченных выше классов экспозиций склонов, также надо отметить южную ориентацию склонов, которая имеет 1,04 коэффициент соотношения частотности. По другим классам этого фактора коэффициент ниже единицы (табл. 3).

**Таблица 3. - Результаты расчёта соотношения частотности по экспозиции склонов**

Экспозиция склонов					
Класс	Ncell(Ni)	$\sum$ Ncell(Ni)	Ncell(Si)	$\sum$ Ncell(Si)	FR <sub>i</sub>
Ровная	49179	0,01	1	0,00	0,00
Северная	685905	0,13	15886	0,14	1,11
Северо-восточная	650060	0,12	10988	0,10	0,81
Восточная	679277	0,13	8952	0,08	0,63
Юго-восточная	646452	0,12	13352	0,12	0,99
Южная	676628	0,13	14679	0,13	1,04
Юго-западная	674980	0,13	14569	0,13	1,03
Западная	662526	0,12	15548	0,14	1,12
Северо- западная	638828	0,12	18233	0,16	1,36

**Кривизна склонов является**, пожалуй, фактором с наименьшими классами. В долине реки Гунт более наглядные корреляционные связи осыпей наблюдаются со склонами с вогнутой формой, с коэффициентом соотношения частотности, равным 1,747. Наименьшая связь осыпей наблюдается со склонами, которые имеют ровную поверхность. Значительный коэффициент соотношения частотности 1,327 обнаружен и у склонов с выпуклой формой (табл. 4).

**Таблица 4. - Результаты расчёта соотношения частотности по кривизне склонов**

Кривизна склонов					
Класс	Ncell(Ni)	$\sum$ Ncell(Ni)	Ncell(Si)	$\sum$ Ncell(Si)	FR <sub>i</sub>
Вогнутая	449730	0,08	16433	0,15	1,747
Ровная	4006127	0,75	70578	0,63	0,842
Выпуклая	907976	0,17	25200	0,22	1,327

**Распределение атмосферных осадков** по долине реки Гунт варьируется в пределах от 289 до 437 мм в год (согласно карты атмосферных осадков климата).

Несмотря на практически одинаковое количество атмосферных осадков, на исследуемой территории осыпи развиты по классам неравномерно. Последний класс карты атмосферных осадков, по результату наших анализов, можно характеризовать как самый основной показатель этого фактора, где коэффициент соотношения частотности равен 2,02. Остаются ещё два класса, которые привлекают к себе внимание в связи с коэффициентом соотношения частотности выше единицы, это второй и третий классы (табл. 5).

**Таблица 5. - Результаты расчёта соотношения частотности по кривизне склонов**

Атмосферные осадки, мм/год					
Класс	Ncell(Ni)	$\sum N_{cell}(Ni)$	Ncell(Si)	$\sum N_{cell}(Si)$	FR <sub>i</sub>
289-340	899504	0,17	0	0,00	0,00
340-360	1027746	0,19	25413	0,23	1,20
360-380	539513	0,10	16402	0,15	1,47
380-400	1488934	0,27	8833	0,08	0,29
400-437	1476954	0,27	61593	0,55	2,02

**По результату анализа высотной зональности** выявлено, что осыпи по классам этого фактора распределены также неравномерно.

Согласно этим результатам, самый высокий коэффициент соотношения частотности отмечается на высотных отметках от 3500 до 4000 м. Заметный коэффициент 1,35 соотношения частотности также наблюдается на предпоследнем классе высотной зональности. В трёх остальных классах высотной зональности коэффициент соотношения частотности

меняется следующим образом: первый класс - 0,37, второй класс - 0,8 и пятый класс - 0,62 (табл.6).

**Таблица 6. - Результаты расчёта соотношения частотности по высотной зональности**

Класс	Ncell(Ni)	$\Sigma$ Ncell(Ni)	Ncell(Si)	$\Sigma$ Ncell(Si)	FR <sub>i</sub>
2048-3000	370560	0,07	2838	0,03	0,37
3000-3500	554436	0,10	9330	0,08	0,80
3500-4000	1176972	0,22	33819	0,30	1,37
4000-4500	1564166	0,29	44207	0,39	1,35
4500-5785	1697701	0,32	22016	0,20	0,62

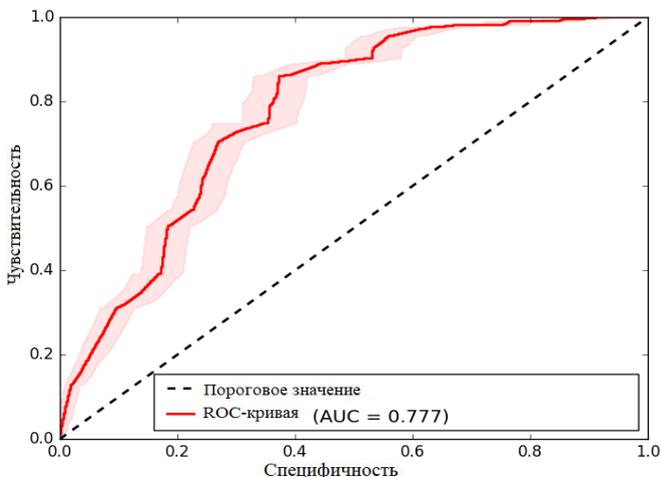
**Оценка точности модели.** После выявления пространственных закономерностей осыпей и создания модели остаётся только не решённым вопрос о точности модели. Данная процедура проводится с применением ROC анализа, после которой, согласно авторам некоторых публикаций [13-16]. Модель приобретает юридическую силу для дальнейшего использования при решениях задач практического назначения в случае удовлетворительной прогностической способности или не будет рекомендована для дальнейшего использования в случаях неудовлетворительной прогностической способности, что мало вероятно (рис.3).



**Рисунок 3. - Карта восприимчивости территории долины реки Гунт к возникновению осыпей**

По анализам уже существующих работ, которые в основном направлены на моделирование восприимчивости к возникновению оползней, результат обычно имеет вышесреднюю прогностическую способность и мало где приобретает среднюю прогностическую способность. Для приобретения модели очень хорошего или отличного значения AUC данные для пространственного анализа должны быть подготовлены очень осторожно, чтобы при оценке точности модели избежать попадания анализируемых явлений в районах с очень низкой восприимчивостью и непопадания в зонах с очень высокой восприимчивостью, которые представляют две основные ошибки при создании модели.

Результат ROC-анализа (рис. 4) свидетельствует о хорошей прогностической способности созданной модели восприимчивости территорий к возникновению осыпей. Хорошее качество модели даёт нам право, без каких-либо сомнений, предложить результаты нашей работы к дальнейшему, практическому использованию.



**Рисунок 4. - График, показывающий результат ROC-анализа  
Глава 6. Восприимчивость территории долины реки  
гунт к возникновению лавин**

В горных регионах, в том числе в долине реки Гунт, лавины часто представляют угрозу для человеческой жизни и деятельности, и здесь лавины случаются довольно часто.

С помощью программы Google Earth Pro были зафиксированы 83 лавины в этой долине

**Факторы, способствующие возникновению лавин:**  
Создание карты восприимчивости к оползням, предполагает формирование пространственной базы данных, из которой извлекаются ключевые факторы, способствующие их возникновению. В рамках данного исследования были определены следующие факторы, влияющие на возникновение лавин: крутизна склонов, экспозиция склонов, высотная зональность и кривизна склонов.

**Результат анализа крутизны склонов.** Обнаружено, что коэффициент соотношения частотности по классам данного фактора колеблется в пределах от 0,05 до 1,84. Этот результат свидетельствует о том, что максимальная уязвимость для возникновения лавины наблюдается на склонах с углом до 50 градусов. Следует отметить, что

значения 1,59, 1,41 и 1,11 также указывают на уязвимость классов. Судя по конечному результату взвешивания данного фактора, самыми вероятными зонами для возникновения лавин можно считать участки с углами наклона от 20 до 50 градусов.

**Экспозиция склонов** в этом классе соотношения частотности изменяется в пределах от 0 до 1,58, при этом наибольшее значение наблюдается у склонов с северо-западной ориентацией. Поскольку значения, превышающие единицу, указывают на наиболее благоприятные участки для возникновения лавин, результаты по соотношению частотности распределяются следующим образом: северная экспозиция - с показателем 1,35, восточная - с показателем 1,22, северо-восточная ориентация - с показателем 1,16, а западная - с показателем 1,09. Это означает, что юго-западная, южная и юго-восточная ориентации не являются уязвимыми зонами для возникновения лавин.

**Результат анализа высотной зональности.** Расчёты соотношения частотности высотной зональности показывают, что с увеличением высотных интервалов их количество сначала возрастает, достигая максимума до 8,01 в интервале 2048–3000 м, а затем резко снижается до 2,96 в интервале 3000–3500.

**Кривизна склонов.** При разработке модели восприимчивости к оползням учитывается также кривизна склонов. Анализ связи данных с показателями кривизны склонов показал, что в каждом случае склоны с вогнутой поверхностью имеют более высокие значения веса. Хотя в связи с тем, что склоны с выпуклой формой имеют значения соотношения частотности больше единицы, их также можно включить в состав уязвимых классов. Ровная поверхность склона, имея значения соотношения частотности меньше единицы, рассматривается как наиболее неподверженная лавинам.

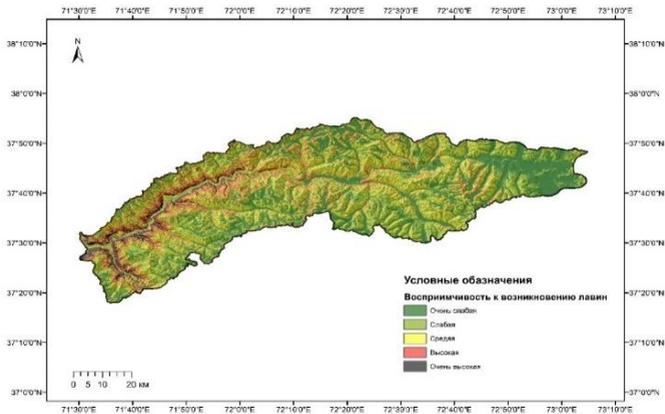
**Таблица 7. - Результаты расчёта соотношения частотности**

Крутизна склонов (в градусах)					
Класс	Ncell(Ni)	$\sum$ Ncell(Ni)	Ncell(Si)	$\sum$ Ncell(Si)	FR <sub>i</sub>
0-5	326033	0,06	90	0	0,05
05-10	422690	0,08	328	0,01	0,15
10-20	1089616	0,2	3050	0,11	0,52
20-30	1427522	0,27	8428	0,29	1,11
30-40	1338109	0,25	10039	0,35	1,41
40-50	585173	0,11	4964	0,17	1,59
>50	174692	0,03	1710	0,06	1,84
Экспозиция склонов					
Класс	Ncell(Ni)	$\sum$ Ncell(Ni)	Ncell(Si)	$\sum$ Ncell(Si)	FR <sub>i</sub>
Ровная	49179	0,01	1	0	0
Северная	685905	0,13	4925	0,17	1,35
Северо-восточная	650060	0,12	4025	0,14	1,16
Восточная	679277	0,13	4408	0,15	1,22
Юго-восточная	646452	0,12	3025	0,11	0,88
Южная	676628	0,13	921	0,03	0,26
Юго-западная	674980	0,13	2060	0,07	0,57
Западная	662526	0,12	3442	0,13	1,09
Северо-западная	638828	0,12	5396	0,19	1,58
Высотная зональность (м)					
Класс	Ncell(Ni)	$\sum$ Ncell(Ni)	Ncell(Si)	$\sum$ Ncell(Si)	FR <sub>i</sub>
2048-3000	370560	0,07	15829	0,55	8,01

**Продолжение таблица 7.**

3000-3500	554436	0,1	8767	0,31	2,96
3500-4000	1176972	0,22	2831	0,1	0,45
4000-4500	1564166	0,29	807	0,03	0,1
4500-5785	1697701	0,32	379	0,01	0,04
<b>Кривизна склонов</b>					
Класс	Ncell(Ni)	$\sum$ Ncell(Ni)	Ncell(Si)	$\sum$ Ncell(Si)	FR <sub>i</sub>
Вогнутая	449730	0,08	3543	0,12	1,477
Ровная	4006127	0,75	18668	0,65	0,874
Выпуклая	907976	0,17	6393	0,22	1,32

Для анализа существующих лавин и определения факторов их формирования использовались данные дистанционного зондирования. В ГИС-пространстве был проведён анализ факторов, влияющих на возникновение лавин, с применением метода соотношения частотности. Учитывая все значимые факторы, в программе пространственного анализа ArcGIS Desktop 10.6.1 была создана карта, отображающая восприимчивость к лавинным явлениям. На карте показано, что чёрный цвет соответствует очень высокой восприимчивости, что означает, что участки, отмеченные чёрным, являются наиболее подверженными лавинной опасности (рис. 5)



**Рисунок 5. - Карта восприимчивость к возникновению лавин долины реки Гунт**

## Заключение

1. Модели восприимчивости территории долины реки Гунт к возникновению анализированных экзодинамических процессов являются результатами интегрирования всех взвешенных факторов. Для получения максимально точных результатов моделирования, в процесс надо включить самые необходимые факторы. Подобными факторами при изучении экзогенных геологических процессов для района исследования оказались атмосферные осадки, крутизна склонов, высотная зональность, кривизна склонов и пиковое ускорение грунтов. Все анализируемые факторы охватывают климатические, морфометрические и геологические условия. Таким образом, наши результаты позволили смоделировать картину восприимчивости на весьма высоком уровне точности [2-А], [5-А], [6-А].

2. Для повышения точности результатов взвешивания нами применён метод коэффициента частотности. Этот подход ранее успешно использовался при исследовании территории каскада ГЭС на реке Вахш. Учитывая

положительные результаты его применения, данный метод был выбран для решения задач, поставленных в данной диссертационной работе [1-А].

3. Выбор пространственного разрешения цифровой модели рельефа (ЦМР), используемой для построения морфометрических факторов оползнеобразования, не был случайным. Перед его определением был проведён анализ ряда научных исследований, в которых рассматривалось влияние разрешения ЦМР на качество результатов. По итогам этого анализа было установлено, что разрешение 30 м является оптимальным для условий изучаемой территории [3-А], [4-А], [5-А].

4. Климатические, морфометрические и геологические условия долины реки Гунт способствуют развитию экзодинамических процессов, которые сопровождаются человеческими жертвами и значительным материальным ущербом. Практически каждый год местные жители данного региона испытывают трудности в продвижении автомобилей разрушаются линии электропередач [2-А].

5. Все созданные модели показывают очень хорошую картину будущих зон возникновения оползней, осыпей и лавин. При анализе прогностической способности модели восприимчивости к возникновению осыпей долины реки Гунт более 77% осыпей совпали с зонами с очень высокой и высокой восприимчивостью [2-А, 6-А].

### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

Опираясь на итоги исследования, представляем следующие рекомендации:

1. В связи с тем, что дороги, проходящие по долине реки Гунт, являются стратегически важными линейными сооружениями для Республики Таджикистан, созданные модели восприимчивости к возникновению анализируемых

экзогенных геологических процессов имеют большое значение для снижения степени риска. В зонах с высокой и очень высокой восприимчивостью рекомендуется проводить некоторые пассивные мероприятия. В особенности показана посадка деревьев на склонах, предрасположенных к возникновению оползней, осыпей и лавин.

2. В данной работе для прогноза лавин впервые использован статистический метод соотношения частотности, который показал приемлемый результат для практического применения модели восприимчивости территории долины реки Гунт к возникновению лавин. В связи с этим полученный результат даёт нам полное право использовать данный метод для определения наиболее восприимчивых зон к лавинам и рекомендовать его для других лавиноопасных районов Республики.

3. Рекомендуется применение детерминистических методов для участков с высокой и очень высокой восприимчивостью к возникновению проанализированных георисков, и только после этого можно определить комплекс активных мер по борьбе с этими явлениями.

4. Особое внимание стоит уделять склонам с очень высокой и высокой восприимчивостью к возникновению осыпей, поскольку проведение активных контрдействий в этом случае требует много затрат.

5. В связи с этим, жителям данного региона следует строить свои дома как можно дальше от склонов. Там, где неизбежно возведение построек таких, как линейные сооружения (дороги и линии электропередачи), рекомендуется возведение галерей и выравнивание крутых склонов, в особенности тех, по которым проходят разломы, делая склон более предрасположенным к образованию осыпей.

**ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ  
ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ  
ОТРАЖЕНЫ В СЛЕДУЮЩИХ ПУБЛИКАЦИЯХ:**

**I. Статьи, опубликованные в рецензируемых и рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Президенте Республики Таджикистан журналах:**

**[1-А]** Рахимбекова М.Р. Роль инвентаризации оползневых явлений при моделированиях восприимчивости к оползням. [Текст] / Ш.А. Файзуллоев., Дж. М. Нарзиев., Д.Ф. Байгенов., М.Р. Рахимбекова., Окилшоев Х.С.// Наука и инновация, таджикский национальный университет серия геологических и технических наук. - 2020. - №4. -С. 30-35.

**[2-А]** Рахимбекова М.Р. Зонирования территории долины реки Гунт по степени восприимчивости к возникновению оползней. [Текст] / М.Р. Рахимбекова., Ш.А. Файзуллоев // Известия, НАНТ: серия физико-математических, химических, геологических и технических наук, 2023, №2 (191). -С. 64-75.

**[3-А]** Рахимбекова М.Р. Степень восприимчивости склонов долины реки Обихингоу к возникновению оползней. [Текст] / Б.А.Аламов, Ш.А.Файзуллоев, Д.Ф.Байгенов, М.Р.Рахимбекова, У.А.Шарифов// Известия, НАНТ: серия физико-математических, химических, геологических и технических наук, №4 (193), 2023. -С. 136-146.

**[4-А]** Рахимбекова М.Р. Оценка восприимчивости к возникновению оползней долины реки Зеравшан методом анализа иерархий. [Текст] / Д.Ф. Байгенов., Ш.А. Файзуллоев., Б.А. Аламов., М.Р. Рахимбекова. // Вестник филиала Московского Государственного университета имени М.В. Ломоносова в городе Душанбе. Серия естественных наук. Том 1, № 1 (37), 2024. -С. 98-109.

**[5-А]** Рахимбекова М.Р. Оценка прогностической способности модели восприимчивости к возникновению оползней. [Текст] / Рахимбекова М.Р. // Наука и инновация,

таджикский национальный университет серия геологических и технических наук. - 2024, №4. - С. 87-94.

**[6-А]. Рахимбекова М.Р.** Влияние морфометрических и климатических условий на развитие осыпей долины реки Гунт [Текст] / М.Р. Рахимбекова., И.С. Оймухаммадзода., Ш.А. Файзуллоев. // Доклады национальной Академии наук Таджикистана. -2024, том 67, №7-8. -С. 387-399.

## **II. Научные статьи, опубликованные в сборниках и других научно-практических изданиях:**

**[7-А]** Рахимбекова М.Р. Влияния крутизны и экспозиции склонов на распространения оползневых явлений долины реки Зеравшан. [Текст] / Д.Ф. Байгенов., Ш.А. Файзуллоев., М.Р. Рахимбекова // Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы инженерной геологии, гидрогеологии, гидрологии и разработки месторождений полезных ископаемых Таджикистана и сопредельных территорий», посвящённой 80-летию со дня рождения заслуженного работника Таджикистана, доктора технических наук, профессора, академика инженерной академии республики Таджикистан Комилова Одины Комиловича 25-го февраля 2022 г. – 2022. - С. 214-219.

**[8-А]** Раҳимбекова М.Р. Нафт ва газ: асрори пайдоиш. [Текст] / С.Р. Мавлонӣ., Ф.А. Раҳимов., М.Р. Раҳимбекова. // Маводи конфронси ҷумҳуриявӣ илмӣ-амалӣ бахшида ба рӯзи “Геология тоик” 7 -9 декабри соли 2024. -Душанбе, 2024. -С. 9-14.

**[9-А]** Раҳимбекова М.Р. Южный кум: геологическое строение и нефтегазоносность [Текст] / С.Р. Мавлонӣ., Ф.А. Раҳимов., М.Р. Раҳимбекова// Материалы международной научно-практической конференции XIV Ломоносовские чтения «Роль филиала московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в городе Душанбе в

развитии науки и образования» (22-23 ноября 2024 г.), часть 2. Естественные науки. -С. 340-345.

[10-А] Рахимбекова М.Р. Западная Фергана: современное состояние и перспективы развития нефтегазоносный. [Текст] / Ф.А. Рахимов., М.Р. Рахимбекова., С.Р. Мавлони// O‘zbekiston respublikasi tog‘-kon sanoati va geologiya vazirligi geologiya fanlari universiteti “h.m. Abdullayev nomidagi geologiya va geofizika instituti” davlat muassasasi. “O‘zbekiston respublikasining barqaror rivojlanishida geologik muammolarning fundamental, amaliy va innovatsion yechimlari” Respublika ilmiy-amaliy anjuman. Toshkent 2024-yil 7-8 noyabr. -С.310-313.

[11-А] Рахимбекова М.Р. Сравнительная геохимическая оценка перспектив сумсарской нефтегазоносной структуры западной и центральной части Ферганской впадины. [Текст] / М.Р. Рахимбекова., Ф.А. Рахимов., С.Р. Мавлони// O‘zbekiston respublikasi tog‘-kon sanoati va geologiya vazirligi geologiya fanlari universiteti “h.m. Abdullayev nomidagi geologiya va geofizika instituti” davlat muassasasi. “O‘zbekiston respublikasining barqaror rivojlanishida geologik muammolarning fundamental, amaliy va innovatsion yechimlari” Respublika ilmiy-amaliy anjuman. -Toshkent 2024-yil, 7-8 noyabr. -С.307-310.

[12-А] Rahimbekova M.R. Use of frequency ratio method and GIS for landslide susceptibility modeling: a case study in the South-Western part of Tajikistan. SH.A. Faizulloev., B.A. Alamov., M.R. Rahimbekova. Natural Hazart and Climate Change Conference. Szeged, 21-23. May 2025, p.24.

### **Список используемых литературы**

1. . Байгенов Д.Ф. Влияния крутизны и экспозиции склонов на распространения оползневых явлений долины реки Зеравшан / Байгенов Д.Ф., Файзуллоев Ш.А., Рахимбекова М.Р.// Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы инженерной

геологии, гидрогеологии, гидрологии и разработки месторождений полезных ископаемых Таджикистана и сопредельных территорий», посвящённой 80-летию со дня рождения заслуженного работника Таджикистана, доктора технических наук, профессора, академика инженерной академии республики Таджикистан Комилова Одины Комиловича 25-го февраля 2022. -С. 214-219.

2. Леонова, А. В. Оценка оползневых процессов на территории г. Томска с использованием ГИС-технологий/ Леонова, А. В. Строкова, Л. А. Никитенков, А. Н.// Вестник ВГУ. Серия: Геология, (1), -М., 2021. -С. 94-103. <https://doi.org/10.17308/geology.2021.1/3341>

3. Лысков Л.М. Возраст рельефа и четвертичная тектоника Северного и Центрального Таджикистана/ Лысков Л.М.// Сб.: Тектоника Тянь-Шаня и Памира. -М.: Наука. 1983. - С.149-155.

5. Лысков Л.М. Геоморфология и новейшая тектоника района Верхнего Вахша. / Лысков Л.М.// В кн.: Неотектоника и сейсмостектоника Таджикистана. -Душанбе: Дониш, 1969. -С. 62-96.

4. Mukhammadzoda S., Application of Frequency Ratio Method for Landslide Susceptibility Mapping in the Surkhob Valley, Tajikistan. / Mukhammadzoda S., Shohnavaz F., Ilhomjon O., Zhang G.// Journal of Geoscience and Environment Protection, 9. -2021, p.168-189. doi: [10.4236/gep.2021.912011](https://doi.org/10.4236/gep.2021.912011).

5. Chen Z. Landslide susceptibility mapping using statistical bivariate models and their hybrid with normalized spatial-correlated scale index and weighted calibrated landslide potential model. / Chen Z., Song, D., Juliev, M., Pourghasemi, H. R.// Environmental Earth Sciences, 80 (8). (2021). doi:10.1007/s12665-021-09603-9.

6. Chen, Z. The influence of DEM spatial resolution on landslide susceptibility mapping in the Baxie River basin, NW

China / Chen, Z., Ye, F., Fu, W. // *Nat Hazards* **101**, 853–877 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11069-020-03899-9>

7. Claessens L. DEM resolution effects on shallow landslide hazard and soil redistribution modelling. / Claessens L., Heuvelink G, B, M., Schoorl J.M., Veldkamp A.// *30(4)*, -P. 461–477. (2005). doi:10.1002/esp.1155

8. Ischuk, A. Kinematics of the Pamir and Hindu Kush regions from GPS geodesy. / Ischuk, A., Bendick, R., Rybin, A., Molnar, P., Khan, S.F., Kuzikov, S., Mohadjer, S., Saydullaev, U., Ilyasova, Z., Schelochkov, G., Zubovich, A. V.// *J. Geophys. Res. Solid Earth*. 2408–2416. (2013). <https://doi.org/10.1002/jgrb.50185>.

10. Liu, Y. A comparative evaluation of machine learning algorithms and an improved optimal model for landslide susceptibility: a case study/ Liu, Y., Xu, P., Cao, C., Shan, B., Zhu, K., Ma, Q., Yin, H.// *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 12 (1), 1973–2001 (2021). doi:10.1080/19475705.2021.1955018.

11. Luo, L. From scenario-based seismic hazard to scenario-based landslide hazard: rewinding to the past via statistical simulations. / Luo, L., Lombardo, L., van Westen, C.// *Stoch Environ Res Risk Assess* (2021). <https://doi.org/10.1007/s00477-020-01959>

12. Sophia S. Rwanga, J. Ndambuki M. Accuracy Assessment of Land Use/Land Cover Classification Using Remote Sensing and GIS / Sophia S. Rwanga, J. Ndambuki M. // *International Journal of Geosciences*, 2017, 8, -P. 611-622.

13. Wang, Y. Comparison of Random Forest Model and Frequency Ratio Model for Landslide Susceptibility Mapping (LSM) in Yunyang County (Chongqing, China) / Wang, Y., Sun, Deliang W., Haijia, Z., Hong, Z. // *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(12), 4206– (2020). doi:10.3390/ijerph17124206

14. Wu S. Modeling the effects of elevation data resolution on the performance of topography-based watershed runoff simulation

/ Wu S., Jonathan L., Huang G.H. // 22 (9), 1250–1260. (2007). doi: 10.1016/j.envsoft.2006.08.001

15. Wubalem, A. Modeling of Landslide susceptibility in a part of Abay Basin, northwestern Ethiopia. *Open Geosciences*, 12(1), 1440–1467. (2020). doi:10.1515/geo-2020-0206.



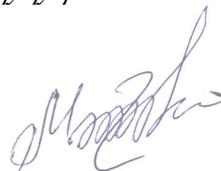
**АКАДЕМИЯИ МИЛЛИИ ИЛМҶОИ ТОҶИКИСТОН  
ИНСТИТУТИ ГЕОЛОГИЯ, СОХТМОНИ БА  
ЗАМИНЧУНБЀ ТОБОВАР ВА СЕЙСМОЛОГИЯ**

*Бо ҳуқуқи дастнавис*

ТДУ: 624. 131.1: 551.3(575.32)

ТКБ 26.1 (2 Тадж.)

P- 12



**РАҶИМЗОДА МАНИЖА РАҶМОН**

**ҚОНУНИЯТНОКИИ ПАҶНШАВИИ  
РАВАНДҶОИ ЭКЗОГЕНЀ-ГЕОЛОГИИ  
ВОДИИ ДАРЀИ ҶУНД**

**АВТОРЕФЕРАТИ**

диссертатсия барои дарёфти

дараҷаи илмии номзади илмҶои геология

ва минералогия аз рӯи ихтисоси 25.00.08 – геологияи

инженерӣ, яхбандишиносӣ ва хокшиносӣ

**Душанбе - 2025**

Диссертатсия дар Институти геология, сохтмони ба заминчунбӣ тобовар ва сейсмологияи АМИТ иҷро гардидааст.

**Роҳбари илмӣ:** **Оймуҳаммадзода Илҳомҷон Султон** – номзади илмҳои геология ва минералогия, Сардори Саридораи геологияи назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон

**Муқарризони расмӣ:** **Лаврусевич Андрей Александрович** – доктори илмҳои геологӣ-минералогӣ, мудири кафедраи урбозекологияи факултети экологияи Донишгоҳи давлатии геологияи Русия ба номи Серго Орчоникидзе (МГРИ).

**Андамиён Раджабали Шамс** – номзади илмҳои геология ва минералогия, дотсенти кафедраи гидрогеология ва геологияи муҳандисии факултаи геологияи донишгоҳи миллии Тоҷикистон

**Муассисаи пешбари тақриздиҳанда:** Институти Осиеи Марказии тадқиқоти амалӣ оид ба замин, Ҷумҳурии Қирғизистон

Ҳимояи диссертатсия рӯзи «08» декабри соли 2025, соати 10:00 дар ҷаласаи шурои муштаракӣ диссертатсионии 6D.КOA – 057 дар назди Донишгоҳи миллии Тоҷикистон ва Институти геология, сохтмони ба заминчунбӣ тобовар ва сейсмологияи АМИТ баргузор мегардад. Суроға: 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, шаҳри Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ 17, E-mail: tnu@mail.tj; тел: (992-372) 21-77-11 факс: (992-372) 21-77-11.

Бо диссертатсия дар сомонаи расмии ([www.tnu.tj](http://www.tnu.tj)) ва дар китобхонаи марказии илмӣ Донишгоҳи миллии Тоҷикистон бо нишони 734025, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ 17, (e-mail: tnu@mail.tj) шинос шудан мумкин аст.

Автореферат санаи «\_\_» \_\_\_\_\_ соли 2025 фиристода шудааст.

**Котиби илмӣ**  
**шурои диссертатсионӣ,**  
**номзади илмҳои техникӣ, дотсент**



**Ғайратов М.Т.**

**Муқаллима**

**Мубрамии мавзуи таҳқиқот.** Хусусияти хоси Чанубу Шарқи Тоҷикистон (Помир) дар зуҳури ҷаблонҳои равандҳои муосири экзогенӣ геологӣ, аз қабилҳои ярҷо, резинишӯ, тармаҷо, селҷо ва монанди инҷо зоҷир мегардад. Солҷои гуногун дар Помир қорҷои зиёде оид ба омӯзиши тектоника, стратиграфия, геоморфология, ҷолати сейсмикӣ, қанданиҷои ғоиданок ва геологияи муҳандисӣ гузаронида шудаанд, ки дар натиҷаи онҷо сохтори мураккаби минтақа муайян қарда шудааст. Таваҷҷуҳ ба омӯзиши он то имрӯз қоҳиш наёфтааст, аммо дар марҷилаи муосир бо сабаби шиддат гирифтани тағйирёбии иқлим, ки аксаран хусусияти ҳодисаҳои ғалокатовар қоранд, омӯзиши равандҳои экзогенӣ геологӣ аҳаммияти хеле бузург пайдо қардааст. Ба ин селҷои пириҳӣ, ки дар солҷои 2015 ва 2023 дар Помир рух додаанд, мисол шуда метавонад. Баландшавии умумии ҳарорат боиси афзоиши боришот ва обшавии пириҳӣ қардида, равандҳои экзогениро боз ҳам ғаболтар мегардонад. Дар чунин шароит истиғодаи усулҳои муосири таҳқиқот, хусусан тадқиқоти ғосилавӣ зарур мебошад. Дар ҳудуди водии қарёи Ғунди шаҳри Хоруғ, маҳалҳои аҳолинишини ноҳияи Шуғнон, истироҳатгоҳҳои табобатӣ ва инчунин роҳи байналмилалӣ «Роҳи Абрешим» Душанбе-Хоруғ-Кулма қойгир шудаанд. Бо мақсади қоҳиш додани қарачаи қатари эҳтимолӣ ба аҳоли ва хоҷагиҳои онҷо аз таъсири равандҳои экзогенӣ геологӣ, омӯзиши амиқтари ин равандҳо дар ҳудуди мавриди таҳқиқ қарордошта гузаронида шуда, муайянсозии ҳамбастагии ғазоии онҷо бо омилҳои геологӣ, морфометрӣ ва иқлимӣ, инчунин арзёбии эҳсосияти муҳит ба зуҳури онҷо бо истиғода аз технологияҳои муосири геотитлоотӣ аҳаммияти махсус қорад. Аз байни равандҳои экзогенӣ геологӣ, дар водии қарёи Ғунд мавзуи таҳқиқи ярҷо, сангрезишӯ ва тармаҷо ба ҷисоб рафтанд, ки омӯзиши онҷо дар раванди аз худ қардани ӯудудӣи нав, қорои аҳаммияти қалони амалӣ мебошад.

## **Дараҷаи коркарди илмии проблемаи мавриди омӯзиш.**

Талаби асосӣ ба усулҳои ҳисоб кардани таносуби басомадҳо коҳиш додани меҳнатталабии ҳисобҳо бо ҳамзамон нигоҳ доштани дараҷаи кофии дақиқии натиҷаҳои бадастомада мебошад. Такмил додани усули баҳодихии таносуби басомад ба корҳои Х.М. Абул, А.Л. Ачу, С. Мандал, Ш.А. Файзуллоев, Ш. Мухаммадзода, Д.Ф. Байгенов, С. Хуссайн, Р. Мохамингам, С. Мина, Х.Л. Хонг, Н. Салим, П. Янг, И. Янинг, Ф. Силалахи, С. Памила, Б. Сон ва дигарон бахшида шудаанд.

**Робитаи таҳқиқот бо барномаҳо (лоиҳаҳо) ва мавзӯҳои илмӣ.** Корҳои илмӣ-тадқиқотӣ пеш аз ҳама дар доираи Стратегияи миллии Ҷумҳурии Тоҷикистон оид ба коҳиш додани хатари офатҳои табиӣ барои солҳои 2019–2030, ки бо қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 29 декабри соли 2018, №602 тасдиқ шудааст, Барномаи давлатии рушди соҳаи геологияи Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2021–2030, ки бо қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 30 апрели соли 2021, №172 тасдиқ шудааст, ва мутобиқи мавзӯи «Таҳияи харитаи нави хатарнокии сейсмикии ҳудудҳои Тоҷикистон» дар доираи фаъолияти лабораторияи баҳодихии хатарнокии сейсмикии Институти геология, сохтмони ба заминлунбӣ тобовар ва сейсмологияи АМИТ (УДК 550.34:551.78(575.3), № ГР №0116ТJ00576) анҷом дода шудааст.

## **Тавсифи умумии таҳқиқот**

**Мақсади таҳқиқот.** Ошкор намудани қонуниятҳои фазои паъншавии равандҳои экзогении геологӣ дар ҳудуди водии дарёи Ғунд ва дар асоси онҳо таҳияи харитаҳои эҳтимолияти зуҳури ярҷҳо, сангрезиишҳо ва тармаҳо.

**Вазифаи тадқиқот.** Бо мақсади татбиқи ҳадафи тадқиқот, ҳалли вазифаҳои зерин пешбинӣ шудааст:

1. Таҳияи харитаҳои инвентаризатсионии ярҷо, сангрезишҳо ва тармаҳо дар водии дарёи Ғунд дар асоси таҳлили маводи бойгонӣ ва зондкунии дистансионӣ;
2. Ташкили ГИС – базаи маълумотҳои ярҷо, сангрезишҳо ва тармаҳо.
3. Муайян намудани омилҳои робитаи фазоии ярҷо, сангрезишҳо ва тармаҳо.;
4. Дар асоси усулҳои миқдорӣ таҳқиқот таҳия намудани модели эҳтимолияти ба вучуд омадани ярҷо, резишҳо ва тармаҳо.
5. Интихоби модели оптималии рақамии релеф дар асоси арзёбии таъсири васеъшавии модели релеф ба сифати харитаҳои осебпазирӣ аз ярҷо, сангрезишҳо ва тармаҳо.;
6. Гузаронидани таҳлили муқоисавии модели эҳтимолияти ба вучуд омадани равандҳои экзогенӣ геологӣ бо истифодаи қачии ROC.

**Объекти таҳқиқот** - водии дарёи Ғунд, воқеъ дар Љанубу Ғарби Помир.

**Мавзӯи (предмети) таҳқиқот.** Равандҳои экзогенӣ геологӣ, аз қабилӣ ярҷо, сангрезишҳо ва тармаҳо дар худуди водии дарёи Ғунд.

**Асосҳои назариявӣ ва методологии таҳқиқот.** Натиҷаҳои бадастомада дар рафти таҳқиқоти водии дарёи Ғунд барои арзёбии хатари ярҷ, тарма ва хатари ба амал омадани сангрезишҳо, инчунин барои муайян кардани хатарҳо ҳангоми банақшагирии истифодаи замин хеле муҳим мебошанд. Натиҷаҳои инчунин барои баҳодиҳии дараҷаи ҷисорот аз хатари офатҳои табиӣ истифода бурдан мумкин аст. Усули истифодашударо инчунин барои арзёбии эҳсосият ба пайдоиши ярҷо, сангрезишҳо ва тармаҳо дар минтақаҳои дигари Вилояти Мухтори Кӯҳистони Бадахшон тавсия дода мешавад.

### **Навгонии илмий таҳқиқот:**

1. Бори аввал таҳлили ҳамбастагии падидаҳои ярч дар водии дарёи Ғунд бо истифодаи технологияҳои муосири ГИС гузаронида шуд.
2. Бори аввал усули миқдорӣ (таносуби басомадҳо) барои муайян кардани қонуниятҳои фазоии сангрезии истифода бурда шуд.
3. Бори аввал харитаи эҳсосияти ба вучуд омадани сангрезии тартиб дода шуд.
4. Бори аввал баҳодиҳии осебпазирӣ ба пайдоиши тармаҳо дар асоси ҳамбастагиҳои муайяншуда анҷом дода шуд.

### **Нуқтаҳои ба ҳимоя пешниҳодшуда:**

1. Рушди падидаҳои ярч дар ҳудуди водии дарёи Ғунд аз шароити морфометрӣ, иқлимӣ ва геологӣ вобаста аст.
2. Баъодиҳии омилҳои асосии сангрезии минтақаи таҳқиқот имкон дод, ки модели осебпазирӣ ба пайдоиши онҳо бо қобилияти хуби пешгӯӣ таҳия карда шавад.
3. Моделсозии осебпазирӣ ба пайдоиши тармаҳо нишон медиҳад, ки қисмҳои поёнии нишебиҳои водии дарёи Ғунд минтақаҳои аз ҳама осебпазир мебошанд.

**Дараҷаи эътимоднокии натиҷаҳо.** Натиҷаҳои илмӣ-амалӣ дар асоси маълумоти корҳои саҳроӣ ва таҷрибавӣ ба даст оварда шуда, таҳлил, хулоса ва тавсияҳо бо усулҳои таҳлилий, омӯрӣ ва технологияи муосири компютерӣ асоснок ва дақиқ гардонида шудаанд, ки эътимоднокии натиҷаҳоро таъмин менамояд.

**Мутобиқати диссертатсия ба шиносномаи ихтисоси илмӣ.** Мундариҷаи таҳқиқоти диссертатсионӣ ба бандҳои 10, 12, 14 ва 17 шиносномаи ихтисоси 25.00.08-геологияи инженерӣ, яхбандшиносӣ ва хокшиносӣ мутобиқат мекунад:

10. Нақши иқлим, обҳои зерзаминӣ ва рӯизаминӣ, таърихи геологӣ ва речаҳои геодинамикии қаламравҳо, техногенез ва дигар омилҳо ва рушди равандҳои геологӣ, геокриологӣ ва муҳандисии геологӣ.

12. Моделсозии физикӣ, математикӣ, аналогӣ (шабеҳӣ) ва дигар равандҳои геологӣ, геокриологӣ ва муҳандисию-геологӣ, пешгӯии инкишоф дар вақт ва фазо, арзёбӣ ва идоракунии хавфу хатарҳои геологӣ.

14. Қонуниятҳои тағйирёбии фазоӣ ва замони хосиятҳои хок (грунтҳо), равандҳои геологӣ, геокриологӣ ва муҳандисию-геологӣ, дигар лъузҳои шароити муҳандисӣ - геологӣ ва геокриологӣ, устуворӣ ба таъсири табиӣ ва техногенӣ пайдоиши гуногундошта.

17. Системаҳои геоинформатсионӣ ва технологияҳои геоинформатсионӣ ҳалли вазифаҳои геологияи муҳандисӣ, яхбандишиносӣ ва хокшиносӣ

**Саҳми шахсии довталаби дараҷаи илмӣ дар таҳқиқот.** Таҳияи пойгоҳи додаҳои ГИС дар асоси рақамсозии мавод, оmodасозии додаҳо барои тафсири ҳисобҳо, сохтани моделҳои осебпазирии пайдоиши ярч, сангрезииш ва тарма, гузаронидани корҳои саҳроӣ барои санҷиши моделҳо.

#### **Тасвир ва амалсозии натиҷаҳои диссертатсия.**

Харитаи инвентаризатсияи ярҷо, сангрезиишҳо ва тармаҳо бо истифода аз маълумоти бойгонӣ ва бо истифода аз барномаи Google Earth Pro тартиб дода шудааст; гузаронидани санҷиши маълумот дар саҳро; моделсозии осебпазири ба пайдоиши ярч, сангрезииш ва тарма дар барномаи GIS ArcGIS Desktop версияи 10.6.1. ва арзёбии маълумот тавассути ROC- таҳлил; интишори натиҷаҳои асосии кор дар нашрияҳои азназаргузаронии Комиссияи олии аттестатсионии Ҷумҳурии Тоҷикистон; дар конференсияҳои сатҳҳои гуногун муарифии натиҷаҳои тадқиқоти илмӣ.

Натиҷаи асосӣ, ки дар рисола пешниҳод шудаанд, дар конференсияҳо ва ҳамоишҳои зерин муаррифӣ шудаанд: конференси байналмилалӣ илмӣ-амалӣ таҳти унвони «Мушкилоти геологияи муҳандисӣ, гидрогеология, гидрология ва коркарди қонҳои канданиҳои фойданоки

Тоҷикистон ва минтақаҳои ҳамсарҳад» ба ифтихори 80-солагии таваллуди Корманди шоистаи Тоҷикистон, доктори илмҳои техникӣ, профессор, академики Академияи муҳандисии Ҷумҳурии Тоҷикистон Комилов Одина Комилович муаррифӣ шудаанд. Конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ-назариявӣ дар мавзуи: «Аҳаммияти ҷорӣ намудани усулҳои муосири ҷустуҷӯ, иктишоф, истихроҷи канданиҳои фойданок ва ба инобат гирифтани ҷанбаҳои экологиию иқтисодӣ барои рушди ояндадори саноати миллӣ», бахшида ба «Рӯзи геолог» дар мавзуи «Минтақабандии водии дарёи Ғунд аз рӯи дараҷаи эҳтимолияти пайдоиши ярч», 8 декабри соли 2022 баргузор гардид. Ҷорабинии ҷумҳуриявии илмӣ, бахшида ба Рӯзи байналмилалӣ занону духтарон дар илм ва «Бистсолаи омӯзиш ва рушди илмҳои табиӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илм ва маориф», дар мавзуи «Таъсири нишебӣ ва самти нишебӣ ба рушди лағжишҳои замин дар водии дарёи Ғунд», шаҳри Душанбе, соли 2023. Курси 14-ум оид ба системаҳои иттилоотии географӣ (GIS) барои мутахассисони соҳаи илмҳои геологӣ. Пажӯҳишгоҳи таълимии Хадамоти геологии Ҳиндустон, шаҳри Ҳайдаробод, дар мавзуи «Баъзе қонуниятҳои ба вучудоии ярч дар водии дарёи Ғунди Ҷумҳурии Тоҷикистон». *Some regularities of landslide phenomena in the valley of the Gund river in the republic of Tajikistan*". 18.01-01.02.2023. Хайдарабад." *Use of frequency ratio method and GIS for landslide susceptibility modeling: a case study in the South-Western part of Tajikistan*" Conference natural hazards and climate change, Szeged, 21-23 May 2025.

**Интишорот аз рӯи мавзуи диссертатсия.** Маводи асосии кори диссертатсионӣ дар 12 корҳои ҷопӣ нашр шудаанд, ки аз онҳо 6-то дар нашрияҳои аз ҷониби Комиссияи олии аттестатсионии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон баррасишуда ба таъби расидаанд.

**Соҳтор ва ҳаҷми диссертатсия.** диссертатсия аз муқаддима, 6 боб, хулоса ва рӯйхати адабиёти истифодашуда

иборат буда, 153 саҳифаи чопи компютерӣ, 52 тасвир, 13 чадвал ва 166 номгӯи манбаъҳои адабиётро дар бар мегирад.

### **МУНДАРИҶАИ АСОСИИ ДИССЕРТАТСИЯ**

Дар муқаддима асосноккунии аҳамияти тадқиқоти равандҳои геологӣ-экзогенӣ (ярҷо, сангрезишҳо ва тармаҳо) дар водии дарёи Ғунд пешниҳод карда мешавад. Ҳадаф ва вазифаҳои таҳқиқот муайян карда мешаванд, объекти таҳқиқ ва мавзӯи он тавсиф мегардад, марҳилаҳо ва усулҳои иҷроӣ кор тавсиф карда мешаванд, робита бо барномаҳои миллии илмӣ зикр мегардад, навоариҳои илмӣ ва аҳамияти амалии натиҷаҳо кайд карда мешаванд, нуқтаҳои ки барои ҷимоя бароварда мешаванд, баён мегарданд, саҳми шахсии муаллиф ва фаъолияти нашриётнаш инъикос меёбанд, инчунин маълумот дар бораи сохтор ва ҳаҷми диссертатсия оварда мешавад.

**Дар боби якум** «Таърихи омӯзиши минтақаи тадқиқот» бо таваҷҷуҳ ба таҳқиқоти геологӣ ва муҳандисӣ-геологӣ ба омӯзиши таърихи таҳқиқоти водии дарёи Ғунд бахшида шудааст. Марҳилаҳои асосии ташаккули тасаввуроти илмӣ оид ба минтақа ва самтҳои натиҷаҳои асосии корҳои гузаронидашудаи олимони дохилӣ ва хориҷӣ шарҳ дода мешаванд. Ба таври махсус ба таҳлили тадқиқот дар бораи сохти геологӣ ва равандҳои экзогенӣ минтақа диққати ҷиддӣ дода шудааст.

**Дар боби дуюм** «Сохти геологии водии дарёи Ғунд» бар асоси маводи таҳқиқоти пешина тавсифи ҳамаҷонибаи сохтори геологии водии дарёи Ғунд пешниҳод шудааст. Таърихи омӯзиш вобаста ба стратиграфия, тектоника, магматизм ва геоморфологияи минтақа баррасӣ шудааст. Хусусиятҳои литологии қабатҳои геологӣ, тафсири тафовутҳои интрузивӣ ва метаморфикӣ, инчунин равандҳои тектоникӣ тавсиф шудаанд. Классификатсияи релеф тибқи зернавҳои морфологӣ пешниҳод гардида, шаклҳои қадимаву муосири релеф таҳлил шудааст. Ҳамзамон,

хусусиятҳои сейсмикии минтақа, аз ҷумла минтақаҳои фаъоли Помир низ дар бар гирифта шудаанд.

**Боби сеюм** «Мавод ва усулҳои тадқиқот» тавсифи мавод ва усулҳои моделсозии осебпазирии минтақа ба ярҷоро дар бар гирифта, ҷудо кардани маълумоти ярҷо ба омӯзиши ва санҷиши барои баланд бардоштани дақиқии модел ҳамзамон тавсиф шудааст. Усулҳои омӯри - таҳлили ROC ва кросс-табулятсия - ва технологияи ГИС, аз ҷумла ArcGIS истифода мешаванд. Тартиб додани харитаи инвентаризатсияи ярҷо дар асоси тафсири тасвирҳои кайҳонӣ ва аэрофотосуратҳо бо верификатсияи сахрой тавсиф ёфта, аҳаммиати сифати маълумоти ибтидоӣ ва таҷҳизот таъкид мегардад.

#### **Боби 4. Минтақабандии ҳудуди водии дарёи Ғунд вобаста ба дараҷаи осебпазирии ярҷӣ.**

Дар шароити системаи нави ба нақшагирии азхудкунии минтақаҳои кӯҳӣ бо мақсади мусоидат намудани истифодаи самараноки замин, масъалаҳои марбут ба қонуниятҳои фазогӣ ва ноҳияҳобандӣ аз рӯйи дараҷаи осебпазирӣ аз ярҷо аҳаммиати калон пайдо мекунанд. Яке аз меъёрҳои асосии мусбати истифодаи модели осебпазирӣ ба пайдоиши ярҷо дар он аст, ки тақрибан ҳамаи маълумоти воридотиро метавон аз манбаъҳои кушод дастрас намуд. Бо вуҷуди ин, ҷамъоварии маълумот ягона мушкилоти ин моделсозӣ мебошад. Аз ин рӯ, дар ин кор танҳо қисми омилҳои ба ярҷо мусоидаткунанда, ба монанди нишебӣ, самти хобиш ва кунҷи нишебӣ, минтақаҳои баландӣ ва суръати баландтарини замин таҳлил карда мешаванд.

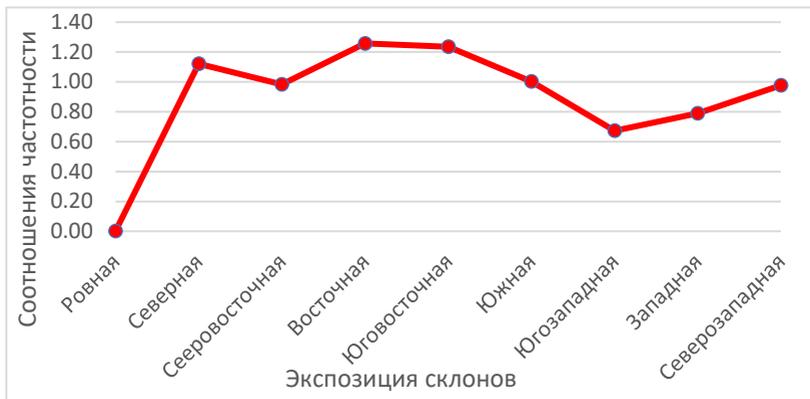
**Омилҳои ба вуҷудории ярҷо ва хусусиятҳои онҳо.** Ба ҳама маълум аст, ки кунҷи нишеби омилҳои асосии фароҳам овардани шароит барои ба амал омадани ярҷ мебошад. Барои муайян кардани вобастагии инкишофи ярҷ кунҷи нишебӣҳо муқаррар карда шудааст, ки қисми зиёди ярҷо дар Помир дар кунҷи нишебии баландии 30-45<sup>0</sup> маҳдуд мебошанд. Аммо, аз

сабаби мавҷуд набудани маълумоти баромад ин натиҷаҳоро дар сифати маводи воридотӣ ба инобат гирифтани мумкин нест, ки метавонад боиси таъсири нодурусти омилҳои дигари таҳлилшуда гардад, ки табиати ояндадор доранд ва ҳамчун маълумотҳои вазнокиашон ҳисобшуда барои минтақабандии осебпазирии ярч истифода мешаванд.

Ба ғайр аз кунҷи нишебиҳо барои инкишофёбии ярч самти хобиши нишебӣ аҳаммияти калон дорад. Таъсири ин омил ба устувории нишебиҳо вақтҳои охир дар байни муҳаққиқон баҳсу мунозираи зиёд ба амал овард. Фикру мулоҳизаҳои як қатор муаллифон, ки ба таъсири дуҷонибаи ин омил комилан боварӣ доранд, сазовори таваҷҷуҳи ҷиддӣ мебошанд. Ин хулосаҳо дар асоси омӯзиши як қатор маълумотҳои адабиёт ва таҳлили омории ҳуди мо бароварда шудаанд [1-7].

Таносуби баланди ҳодисаҳои ярҷро бо нишебиҳо бо самти шимолӣ бо кам будани нури офтоб ба рӯйи ин нишебиҳо рабт медиҳанд, ки дар натиҷа дар нишебиҳо бо таъсири шимолӣ дар муқоиса бо дигарон, намӣ бештар ҷамъ мешавад. Аз ин рӯ дар нишебӣ бори зиёд ҷамъ мешавад.

Дар расми 1 нишон медиҳад, ки ярҷҳо бештар дар нишебиҳои шарқӣ ва ҷанубу шарқӣ инкишоф меёбанд. Ҳамин тариқ, маълумоти бадастомада ба хулосаи дигар оварда мерасонад, ки таҳлили таъсири нишебии ҳавзаи дарёи Ғунд вазифаи воқеӣ мебошад.



**Расми 1. - Графики таносуби басомадҳои ярҷӣ аз нишондиҳандаҳои самти нишебӣ**

### **Натиҷаҳои таҳқиқот**

Моделсозии осебпазирӣ ба фаромадани ярҷ ва шакли он дар водии дарёи Ғунд ба истифодаи усули таносуби басомад асос ёфтааст. Ҳисобкунии таносуби басомад бо истифода аз формулаи 1 анҷом дода шуд [4].

$$FR_i = \frac{N_{cell}(S_i)/N_{cell}(N_i)}{\sum N_{cell}(S_i)/\sum N_{cell}(N_i)} \quad (1)$$

Дар инҷо

$FR_i$  – таносуби басомадҳо;

$N_{cell}(S_i)$  – шумораи пикселҳо бо ярҷҳо дар синф;

$N_{cell}(N_i)$  – шумораи пикселҳо дар синф;

$\sum N_{cell}(S_i)$  – шумораи умумии пикселҳо бо ярҷҳо дар харита;

$\sum N_{cell}(N_i)$  – шумораи умумии пикселҳо дар харита.

Муайян карда шуд, ки кунҷи нишебии  $20-30^{\circ}$  ва  $30-40^{\circ}$  ба бавуҷудоии ярҷ дар водии дарёи Ғунд бештар таъсир мерасонанд.

Харитаи баландии мутлақи майдони корӣ бо истифода аз модели сифрии маҳал бо андозаи фазогии 30 м сохта шудааст ва ба панҷ синф тақсим шудааст. Дар байни нишондиҳандаҳои баландии мутлақ синфи 2048-3000 нисбат ба дигар нишондиҳандаҳои ин омил бартарӣ дорад. Ҳамин тариқ, дар баробари баланд шудани баландӣ, коҳиши муносибати басомадҳо мушоҳида мешавад [8-11].

Аз рӯи натиҷаҳои ин таҳлил, аз рӯи нишондиҳандаҳои муносибати басомадҳо, унсурҳои таъсири кунчи нишебӣҳо ба таври зайл ҷойгир карда мешаванд (ба андозаи кам шудани таносуби басомад): нишебӣҳои ҷанубу-ғарб, шимолӣ, ҷанубӣ, ҷанубу-шарқӣ, ғарбӣ, шимолу-шарқӣ, шарқӣ, шимолӣ ва шимолу-ғарбӣ ( Ҷадвали 1).

Дар ҳудуди водии дарёи Ғунд ярҷҳои таҳлилшуда бештар бо нишондиҳандаи 380-400 мм/сол алоқаманданд. Ҳамин тариқ, нишондиҳандаи 360-380 дар ҷойи дуҷум аст. Бояд гуфт, ки коэффисиенти муносибати басомадҳо дар индикатори 380-400 нисбат ба ин коэффисиентҳо дар дигар нишондиҳандаҳои харитаи боришот хеле зиёд аст.

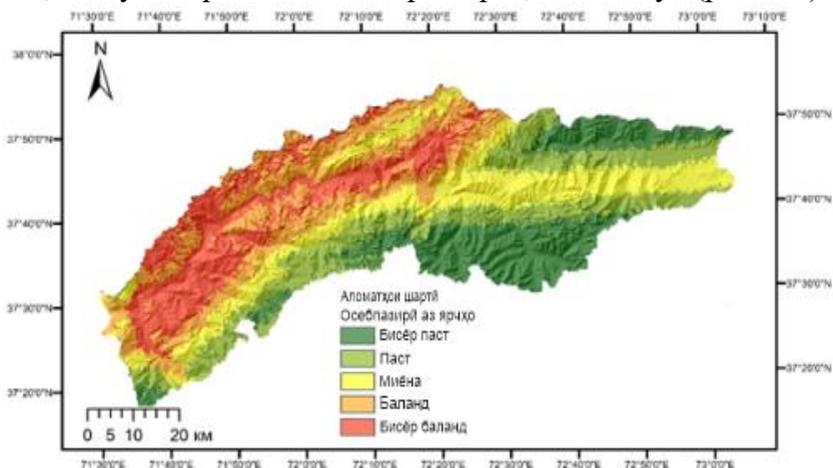
**Ҷадвали 1. - Натиҷаҳои таносуби басомади ярҷҳо**

Кунчи нишебӣ					
Класс	Ncell(N <sub>i</sub> )	∑Ncell(N <sub>i</sub> )	Ncell(S <sub>i</sub> )	∑Ncell(S <sub>i</sub> )	FR <sub>i</sub>
0-5	326033		7		0,02
5-10	422690		78		0,13
10-20	1089616		1216		0,78
20-30	1427522	5363835	2825	7666	1,38
30-40	1338109		2633		1,38
40-50	585173		748		0,89
>50	174692		159		0,64
Самти хобиши нишебӣ					
Синф	Ncell(N <sub>i</sub> )	∑Ncell(N <sub>i</sub> )	Ncell(S <sub>i</sub> )	∑Ncell(S <sub>i</sub> )	FR <sub>i</sub>
Рост	49179		0		0,00
Шимолӣ	685905		187		0,19

Давоми ҷадвали 1.

Шимолӣ-Шарқӣ	650060		671		0,72
Шарқӣ	679277	5363835	619	7666	0,64
Ҷанубӣ-Шарқӣ	646452		1216		1,32
Ҷанубӣ	676628		1726		1,78
Ҷанубӣ-Ғарбӣ	674980		1863		1,93
Ғарбӣ	662526		1225		1,29
Шимолӣ-Ғарбӣ	638828		159		0,17
<b>Баландӣ аз сатҳи баҳр</b>					
Синф	Ncell(N <sub>i</sub> )	∑Ncell(N <sub>i</sub> )	Ncell(S <sub>i</sub> )	∑Ncell(S <sub>i</sub> )	FR <sub>i</sub>
2048-3000	370560		4427		8,36
3000-3500	554436		1205		1,52
3500-4000	1176972	5363835	1596	7666	0,95
4000-4500	1564166		438		0,20
4500-5785	1697701		0		0,00
<b>Шакли нишебӣ</b>					
Синф	Ncell(N <sub>i</sub> )	∑Ncell(N <sub>i</sub> )	Ncell(S <sub>i</sub> )	∑Ncell(S <sub>i</sub> )	FR <sub>i</sub>
фуруҳами да	449730		660		1,027
Ҳамвор	4006127	5363833	5661	7666	0,989
Барҷаста	907976		1346		1,037
<b>Боришоти атмосферӣ мм/сол</b>					
Синф	Ncell(N <sub>i</sub> )	∑Ncell(N <sub>i</sub> )	Ncell(S <sub>i</sub> )	∑Ncell(S <sub>i</sub> )	FR <sub>i</sub>
289-340	899504		0		0,00
340-360	1027746		438		0,30
360-380	539513		313		0,41
380-400	1488934	5432651	6915	7666	3,29
400-437	1476954		0		0,00

Тадқиқоти қаблан зикршуда оид ба таъсир ва нақши сейсмикӣ ба рушди ярҷҳо нишон медиҳанд, ки сейсмикаро дар байни ҳама омилҳо дар ҷойи аввал гузоштан мумкин аст. Ба ин муносибат қарор дода шуд, ки таносуби басомади харитаи суръатбахшии спектралӣи хок таҳлил карда нашавад. Ба ҳамин тариқ, танҳо бо роҳи муқоиса кардани харита бо натиҷаҳои ҷамъбасти ҳамаи харитаҳои пештар таҳлилшуда харитаи осебпазирии ярҷҳо сохта шуд (расми 2).



Расми 2.- Харитаи осебпазирӣ аз ярҷҳо дар водии дарёи Ғунд

Ҳамин тавр, харита аз он ҷиҳат диққатро ба худ ҷалб мекунад, ки дар қисми шарқии харита минтақаҳои хеле паст ва пастосебпазирӣ ишғол мекунанд, ба ғайр аз маркази ин қитъа, ки дар он ҷо осебпазирии миёна ҳукмфармо аст. Дар қисми ҷанубу ғарбии харита низ ҳамин гуна осебпазирӣ мушоҳида карда мешавад. Сабабҳои эҳтимолии хеле паст ва пастии осебпазирӣ дар қисматҳои қисмати харита метавонанд паст будани сейсмикӣ ва шароити саҳти иқлимӣ бошанд, ки дар он ҷо дигар равандҳои геологӣи экзогенӣ инкишоф меёбанд.

## **Боби 5. Таъсири шароитҳои морфометрӣ ва иқлимӣ ба паҳншавии сангрезии дар водии дарёи Ғунд.**

Дар мавзеи тадқиқот сангрезии, ки дар натиҷаи бодхурдашавии ҷинсиҳои кӯҳӣ ба амал омадаанд, бо конусҳои аллювиалии масолеҳи санги блокаи кластии ва санги қитъашуда ифода ёфтаанд.

Барои дақиқ муайян кардани намунаҳои асосӣ, ҳамроҳ сангрезии муайяншуда ба формати GIS ворид карда шуданд. Қаблан, бо истифода аз технологияи GIS ва усули таносуби басомадҳои омилҳои шабеҳ таҳлил шуда буданд, аммо ҳамчун омилҳои бавучудоии ярҷо таҳлил карда мешуданд.

**Дар асоси натиҷаҳои таҳлили таносуби афтиши нишебиҳо** маълум гардид, ки коэффисиенти таносуби басомадҳои аз рӯи синфи ин омил аз 0,01 то 2,1 фарқ мекунад.

Коэффисиенти пастрин дар нишебиҳои кунҷи майлаш то  $5^0$  мушоҳида мешавад, ки ин аҷиб нест, зеро дар доираи таҳқиқоти саҳроӣ мушоҳида карда шуд, ки чунин шароитҳои морфометрӣ барои ҷамъшавии мавод аз равандҳои нишебӣ мусоидтаранд (Ҷадвали 2).

**Ҷадвали 2. - Натиҷаи ҳисоб кардани таносуби басомад аз рӯи кунҷи нишебӣ**

Кунҷи нишебӣ					
Синф	Ncell(Ni)	$\sum N_{cell}(Ni)$	Ncell(Si)	$\sum N_{cell}(Si)$	FR <sub>i</sub>
0-5	326033	0,06	92	0,00	0,01
5-10	422690	0,08	492	0,00	0,06
10-20	1089616	0,20	6145	0,05	0,27
20-30	1427522	0,27	24199	0,22	0,81
30-40	1338109	0,25	50200	0,45	1,79
40-50	585173	0,11	25729	0,23	2,10
>50	174692	0,03	5352	0,05	1,46

**Дар синфи самти хобиҳои нишебӣ**, таносуби басомадҳои аз 0-1,36 фарқ мекунад ва дараҷаи максималии дар нишебиҳои дорои самти шимолу ғарбӣ рух медиҳад. Ба ғайр аз дараҷоти дар боло зикргардидаи нишебиҳо, инчунин бояд самти

чанубии нишебихо, ки таносуби басомади 1,04-ро ташкил медиҳад. Барои дараҷоти дигари ин омил коэффитсиент камтар аз як аст (Ҷадвали 3).

**Ҷадвали 3. - Натиҷаи ҳисобкунии таносуби басомад аз рӯи таъсири нишебӣ**

Самти хобиши нишебихо					
Синф	Ncell(Ni)	$\sum$ Ncell(Ni)	Ncell(Si)	$\sum$ Ncell(Si)	FR <sub>i</sub>
Рост	49179	0,01	1	0,00	0,00
Шимолӣ	685905	0,13	15886	0,14	1,11
Шимолӣ-Шарқӣ	650060	0,12	10988	0,10	0,81
Шарқӣ	679277	0,13	8952	0,08	0,63
Ҷанубӣ-Шарқӣ	646452	0,12	13352	0,12	0,99
Ҷанубӣ	676628	0,13	14679	0,13	1,04
Ҷанубӣ-Ғарбӣ	674980	0,13	14569	0,13	1,03
Ғарбӣ	662526	0,12	15548	0,14	1,12
Шимолӣ-Ғарбӣ	638828	0,12	18233	0,16	1,36

**Шакли нишебихо** шояд омили хурдтарини синфҳо бошад. Дар водии дарёи Ғунд дар нишебихои дорои шакли фурухамида, дорои таносуби басомади 1,747 мебошад. Дар нишебихое, ки сатҳи ҳамвор доранд, камтарин вобастагии сангрезиишҳо мушоҳида мешавад. Коэффисиенти назарраси басомади 1,327 дар нишебихои дорои шакли барҷаста мушоҳида мешавад(Ҷадвали 4).

**Ҷадвали 4. - Натиҷаҳои ҳисоб кардани таносуби басомад дар асоси шакли нишебӣ.**

Шакли нишебӣ					
Синф	Ncell(Ni)	$\sum$ Ncell(Ni)	Ncell(Si)	$\sum$ Ncell(Si)	FR <sub>i</sub>
Фурухамида	449730	0,08	16433	0,15	1,747
Ҳамвор	4006127	0,75	70578	0,63	0,842
Барҷаста	907976	0,17	25200	0,22	1,327

**Боришоти атмосферӣ** дар водии дарёи Ғунд дар як сол аз 289 то 437 мм (мувофиқи харитаи боришоти атмосферӣ) тағйир меёбад. Сарфи назар аз миқдори тақрибан якхелаи боришот, радифбандӣ дар минтақаи омӯзишӣ аз рӯи дараҷот нобаробар инкишоф ёфтааст. Радифи охирини харитаи боришотро аз рӯи натиҷаҳои таҳлилҳои мо ҳамчун нишондиҳандаи асосии ин омил тавсиф кардан мумкин аст, ки коэффисиенти басомади он 2,02 мебошад. Боз ду синфи дигар вуҷуд доранд, ки аз сабаби таносуби басомади болотар таваҷҷуҳро ба худ ҷалб мекунанд, инҳо синфҳои дуюм ва сеюм мебошанд (Ҷадвали 5).

**Ҷадвали 5. - Натиҷаи ҳисоби таносуби басомад ва боришоти атмосферӣ**

Боришоти атмосферӣ мм/сол					
Синф	Ncell(Ni)	$\sum$ Ncell(Ni)	Ncell(Si)	$\sum$ Ncell(Si)	FR <sub>i</sub>
289-340	899504	0,17	0	0,00	0,00
340-360	1027746	0,19	25413	0,23	1,20
360-380	539513	0,10	16402	0,15	1,47
380-400	1488934	0,27	8833	0,08	0,29
400-437	1476954	0,27	61593	0,55	2,02

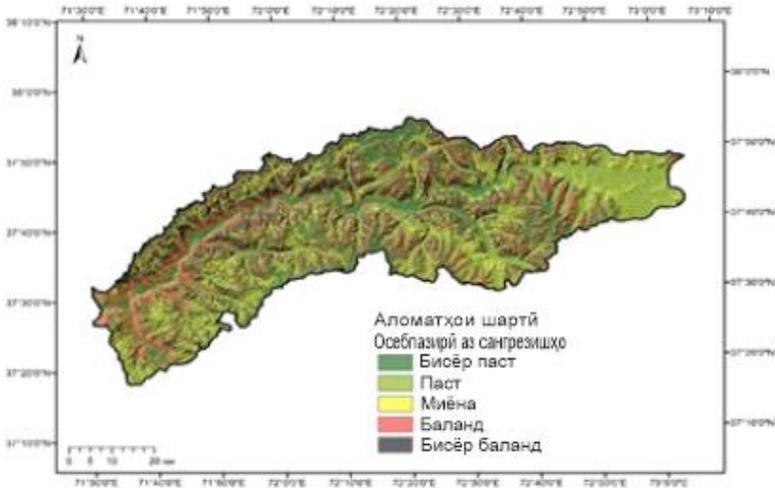
**Дар асоси натиҷаҳои таҳлили баланди аз сатҳи баҳр** маълум гардид, ки сангрезиишҳо низ аз рӯи дараҷоти ин омил нобаробар тақсим шудаанд. Мувофиқи ин натиҷаҳо таносуби баландтарини басомадҳо дар баландиҳои аз 3500 то 4000 м мушоҳида мешавад. Коэффисиенти назарраси 1,35 дар таносуби басомад дар синфи пеш аз охирини минтақабандии баландӣ низ мушоҳида мешавад. Дар се синфи дигари минтақабандии баландӣ таносуби басомад ба таври зайл тағйир меёбад: синфи якум – 0,37, синфи дуюм – 0,8 ва синфи панҷум – 0,62 (Ҷадвали 6).

**Ҷадвали 6.- Натиҷаи ҳисоб кардани таносуби басомадҳо аз рӯи минтақаҳои баландӣ**

Баландӣ аз сатҳи баҳр					
Синф	Ncell(Ni)	$\sum N_{cell}(Ni)$	Ncell(Si)	$\sum N_{cell}(Si)$	FR <sub>i</sub>
2048-3000	370560	0,07	2838	0,03	0,37
3000-3500	554436	0,10	9330	0,08	0,80
3500-4000	1176972	0,22	33819	0,30	1,37
4000-4500	1564166	0,29	44207	0,39	1,35
4500-5785	1697701	0,32	22016	0,20	0,62

Марҳилаи ниҳой бо эҷоди харитаи ҳассосият ба пайдоиши сангрзаҳо ишора карда мешавад (расми 3). Моделе, ки мо офаридаем, нишон медиҳад, майдонҳое, ки ба пайдоиши сангрзаҳо хеле зиёд тобеъ мебошанд, қисмҳои шимолии нишебиҳо буда, дар қисмҳои поёнии нишебиҳо ҳуди маводҳо аллакай ҷамъ шуда истодаанд.

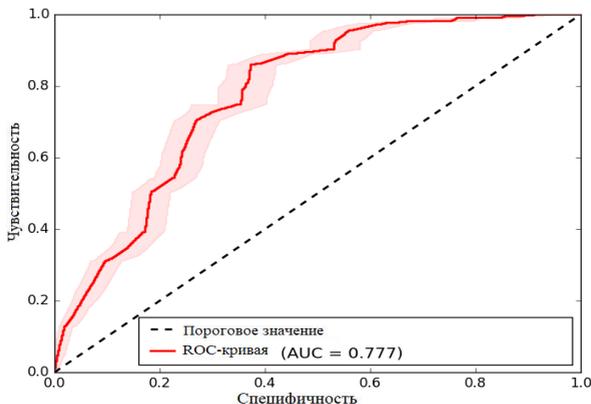
**Арзёбии дурустии модел.** Пас аз муайян кардани шаклҳои фазои сангрзаҳо ва сохтани модел, ягона саволи ҳалношуда дар бораи дурустии модел боқӣ мемонад. Ин тартиб бо истифода аз таҳлили ROC анҷом дода мешавад, ки пас аз он, ба андешаи муаллифони баъзе нашрияҳо [13-16], модел барои истифодаи минбаъда дар ҳалли масъалаҳои амалӣ дар ҳолати қобилияти пешгӯии қаноатбахш эътибори ҳуқуқӣ пайдо мекунад ё барои истифодаи минбаъда дар ҳолатҳои қобилияти пешгӯии ғайриқаноатбахш, ки эҳтимолан кофӣ нест.



**Расми 3. - Харитаи осебпазирӣ аз сангрезишҳо дар водии дарёи Ғунд**

Аз рӯи таҳлили корҳои анҷомёфта, ки асосан ба моделсозии пайдоиши ярч нигаронида шудаанд, натиҷа одатан дорои қобилияти пешгӯии баланд буда, хеле кам қобилияти мутавасиди пешгуиро соҳиб мешавад. Барои ба даст овардани модели дорои арзиши хеле хуб ё аъло AUC, маълумот барои таҳлили фазой бояд хеле бодикқат омода карда шавад, то ҳангоми баҳодиҳии дурустии модел падидаҳои таҳлилшуда дар минтақаҳои дорои осебпазирии хеле паст пешгирӣ карда шаванд, на дар минтақаҳои дорои осебпазирии хеле баланд, ки ду хатогиҳои асосиро ҳангоми бунёди моделҳо намояндагӣ мекунанд.

Натиҷаи ROC-таҳлил (расми 4) қобилияти хуби пешгӯии модели офаридашудаи ҳассосияти ҳудудҳоро ба пайдоиши сангрезишҳо нишон медиҳад. Сифати хуби модел ба мо имкон медиҳад, ки бешубҳа, натиҷаҳои кори худро барои истифодаи минбаъдаи амалӣ пешниҳод кунем.



Расми 4.- Натиҷаи таҳлили ROC

### Боби 6. Особпазирии водии дарёи ғунд вобаста ба рух додани тарма

Дар ноҳияҳои кӯҳӣ, аз ҷумла дар водии дарёи Ғунд, тармафарой ба ҳаёт ва фаъолияти инсонҳо таҳдид мекунад ва дар ин ҷо фаромадани тарма зуд-зуд рух медиҳад. Бо истифода аз барномаи Google Earth Pro дар ин водӣ 83 тарма ба қайд гирифта шудааст.

**Омилҳои, ки ба фаромадани тарма мусоидат мекунад:**

Ташкили харитаи хатари тарма аз он иборат аст, ки базаи фазоӣ, ки аз он омилҳои асосии ба пайдоиши он мусоидаткунанда истихроҷ карда мешаванд. Дар ин тадқиқот омилҳои зерине, ки ба пайдоиши тарма таъсир мерасонанд, муайян карда шуданд: кунҷи нишебӣ, самти хобиши нишебӣ, баландӣ, қачшавии нишебӣ.

**Натиҷаи таҳлили кунҷи нишебӣ** муайян карда шуд, ки коэффисиенти таносуби басомад аз рӯйи синфи ин омил аз 0,05 то 1,84 мебошад. Ин натиҷа нишон медиҳад, ки ҳадди аксар осебпазирии тарма дар нишебҳои кунҷи то 50 дараҷа рух медиҳад. Бояд қайд кард, ки арзишҳои 1.59, 1.41 ва 1.11 инчунин осебпазирии синфҳои нишон медиҳанд. Бар асоси

натичаи ниҳоии баркашидани ин омил, минтақаҳои эҳтимоли фаромадани тармаро метавон минтақаҳои баррасӣ кард, ки кунҷҳои нишебии аз 20 то 50 дараҷа доранд.

**Самти хобиши нишебӣ** - дар ин синф таносуби басомад аз 0 то 1,58 фарқ мекунад, ки арзиши баландтарин дар нишебихо бо самти шимолу ғарбӣ мушоҳида мешавад. Азбаски арзишҳо аз як зиёд минтақаҳои мусоид барои тармафарой мебошанд, натиҷаҳои таносуби басомад ба таври зерин тақсим карда мешаванд: Нишондиҳандаи шимолӣ - бо нишондиҳандаи 1,35, шарқ - бо нишондиҳандаи 1,22, самти шимолу шарқ - бо нишондиҳандаи 1,16 ва самти ғарб - бо нишондиҳандаи 1,09. Ин маънои онро дорад, ки самтҳои ҷанубу ғарб, ҷануб ва ҷанубу шарқ минтақаҳои осебпазири тарма нестанд.

**Натилҳои баланди аз сатҳи баҳр.** Нишондиҳандаҳои таносуби басомади минтақавии баландӣ нишон медиҳанд, ки бо зиёд шудани фосилаҳои баландӣ шумораи онҳо аввал зиёд шуда, дар фосилаи 2048–3000 м ба максимум ба 8,01 мерасад ва баъд якбора то ба 2,96 дюйм фосилаи 3000-3500 м, кам мешавад.

**Шакли нишебӣ.** Њангоми таҳияи модели осебпазири ба ярч низ ба назар гирифта мешавад Таҳлили робитаи маълумот бо нишондиҳандаҳои қачии нишебҳо нишон дод, ки дар ҳар як ҳолат нишебҳои бо сатҳи фуруҳаида арзишҳои баланди вазн доранд. Бо вучуди ин, азбаски нишебҳои бо шакли барҷаста дорой нишондиҳандаҳои таносуби басомад аз як зиёданд, онҳоро низ метавон ба гурӯҳи синфҳои осебпазир шомил кард. Сатҳи ҳамвори нишеб, ки арзишҳои таносуби басомад аз як камтар дорад, ҳамчун камосебтарин ба фурурезиш ба ҳисоб меравад

**Ҷадвали 7. - Натиҷаҳои ҳисоб кардани таносуби басомадҳо**

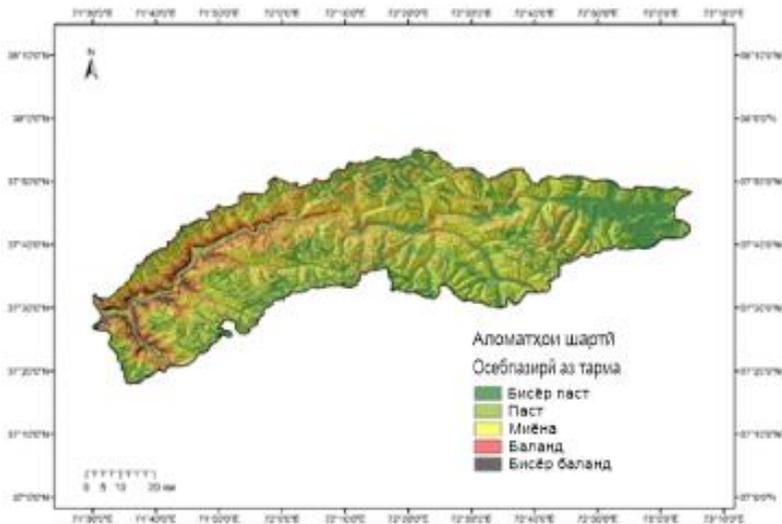
Кунҷи нишебӣ (бо градус)					
Синф	Ncell(Ni)	∑Ncell(Ni)	Ncell(Si)	∑Ncell(Si)	FR <sub>i</sub>
0-5	326033	0,06	90	0	0,05
05-10	422690	0,08	328	0,01	0,15
10-20	1089616	0,2	3050	0,11	0,52
20-30	1427522	0,27	8428	0,29	1,11
30-40	1338109	0,25	10039	0,35	1,41
40-50	585173	0,11	4964	0,17	1,59
>50	174692	0,03	1710	0,06	1,84
Самти хобиши нишебӣ					
Синф	Ncell(Ni)	∑Ncell(Ni)	Ncell(Si)	∑Ncell(Si)	FR <sub>i</sub>
Рост	49179	0,01	1	0	0
Шимолӣ	685905	0,13	4925	0,17	1,35
Шимолӣ-Шарқӣ	650060	0,12	4025	0,14	1,16
Шарқӣ	679277	0,13	4408	0,15	1,22
Ҷанубӣ-Шарқӣ	646452	0,12	3025	0,11	0,88
Ҷанубӣ	676628	0,13	921	0,03	0,26
Ҷанубӣ-Ғарбӣ	674980	0,13	2060	0,07	0,57
Ғарбӣ	662526	0,12	3442	0,13	1,09
Шимолӣ-Ғарбӣ	638828	0,12	5396	0,19	1,58
Ғарбӣ					
Баландӣ аз сатҳи баҳр (м)					
Синф	Ncell(Ni)	∑Ncell(Ni)	Ncell(Si)	∑Ncell(Si)	FR <sub>i</sub>
2048-3000	370560	0,07	15829	0,55	8,01
3000-3500	554436	0,1	8767	0,31	2,96

Давоми ҷадвали 7.					
3500-4000	1176972	0,22	2831	0,1	0,45
4000-4500	1564166	0,29	807	0,03	0,1
4500-5785	1697701	0,32	379	0,01	0,04
Шакли нишебӣ					
Синф	Ncell(Ni)	$\Sigma$ Ncell(Ni)	Ncell(Si)	$\Sigma$ Ncell(Si)	Fri
Фуруҳаида	449730	0,08	3543	0,12	1,47 7
Рост	4006127	0,75	18668	0,65	0,87 4
Барҷаста	907976	0,17	6393	0,22	1,32

Барои таҳлили тармаҳои мавҷуда ва муайян кардани омилҳои ташаккули онҳо маълумотҳои зондкунии фосилавӣ истифода бурда шудаанд.

Таҳлили омилҳои, ки ба пайдоиши тарма таъсир мерасонанд, дар фазои GIS бо усули таносуби басомад гузаронида шуд.

Бо дарназардошти ҳамаи омилҳои дахлдор, харита бо истифода аз барномаи таҳлили фазоии ArcGIS Desktop 10.6.1 барои нишон додани ҳассосияти тарма сохта шуд. Харита нишон медиҳад, ки ранги сиёҳ ба ҳассосияти хеле баланд мувофиқат мекунад ва ин маънои онро дорад, ки минтақаҳои бо ранги сиёҳ бо аломати тарма бештар осебпазир мебошанд (Расми 6)



**Расми 5.- Харитаи осебпазири аз тарма двр водии дарёи Ғунд**

### **Хулосаҳо**

1. Моделҳои осебпазирии ҳудуди водии дарёи Ғунд ба пайдоиши равандҳои экзодинамикии таҳлилшуда натиҷаи интегратсияи ҳама омилҳои вазндор мебошанд. Барои ба даст овардани натиҷаҳои дақиқтарини моделсозӣ, омилҳои зарурӣ бояд ба раванд дохил карда шаванд. Омилҳои шабеҳи омӯзиши равандҳои геологии экзогенӣ барои минтақаи тадқиқотӣ боришоти атмосферӣ, кунҷи нишебӣ, минтақабандӣ, қачшавии нишебӣ ва суръатбахшии қуллаи замин буданд. Ҳамаи омилҳои таҳлилшуда шароити иқлимӣ, морфометрӣ ва геологиро дар бар мегиранд. Аз ин рӯ, натиҷаҳои мо тасвири модели осебпазириро дар сатҳи хеле баланд арзёбӣ карданд [2-М], [5-М], [6-М].

2. Барои ба даст овардани натиҷаҳои дақиқтари вазн, мо усули таносуби басомадро истифода бурдем. Пештар ин усул барои минтақаҳои, ки дар он силсиланеругоҳи барқӣ обӣ воқеъ аст (дарёи Вахш) истифода мешуд. Бо назардошти

он, ки бо истифодаи он натиҷаҳои хуб ба даст оварда шудаанд, ин усул барои ноил шудан ба ҳадафҳои рисола интиҳоб карда шуд [1-М].

3. Интиҳоби ҳалли модели сифрии маҳал (DEM), ки барои сохтани омилҳои морфометрии ташаккули ярч истифода мешавад, тасодуфӣ набуд. Пеш аз муайян кардани он таҳлили як қатор тадқиқотҳои илмӣ гузаронда шуд, ки дар онҳо таъсири қарори модели сифрии маҳал (DEM) ба сифати натиҷаҳо санҷида шуд. Дар асоси натиҷаҳои таҳлил муайян карда шуд, ки ҳаҷми 30 м барои шароити минтақаи таҳқиқотӣ оптималӣ мебошад [3-М], [4-М], [5-М].

4. Шароити иқлимӣ, морфометрӣ ва геологии водии дарёи Ғунд ба рушди равандҳои экзодинамикӣ, ки бо талафоти одамон ва хисороти зиёди моддӣ ҳамроҳ мешаванд, мусоидат мекунад. Қариб ҳар сол сокинони маҳаллии ин минтақа дар ҳаракати мошинҳояшон ба мушкилот дучор мешаванд, хатҳои электрикӣ вайрон мешаванд [2-М].

5. Ҳамаи моделҳои сохташуда манзараи хеле хуби минтақаҳои ояндаи ярч, сангрезиишҳо ва тармаҳоро нишон медиҳанд. Ҳангоми таҳлили қобилияти пешгӯии модели осебпазирӣ дар водии дарёи Ғунд беш аз 77% сангрезиишҳо бо минтақаҳои дорой осебпазирӣ хеле баланд ва баланд рост омад [2-М], [6-М].

### **Тавсияҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳои тадқиқот**

Ба натиҷаҳои тадқиқоти гузаронида шуда асос карда чунин тавсияҳоро пешниҳод мекунем:

1. Аз сабаби он, ки роҳҳое, ки аз водии дарёи Ғунд мегузаранд, барои Ҷумҳурии Тоҷикистон иншооти хаттии аз ҷиҳати стратегӣ муҳим ба ҳисоб мераванд, барои коҳиш додани дараҷаи хавф моделҳои офариниши ҳассосият ба пайдоиши равандҳои геологии экзогении таҳлилшуда аҳаммияти калон доранд. Дар минтақаҳои осебпазирӣ баланд ва хеле баланд, баъзе чораҳои ғайрифайдал тавсия дода мешаванд. Дар нишебиҳое, ки ба ярч, сангрезиишҳо ва

тарма дучор мешаванд, шинондани дарахтон махсусан тавсия дода мешавад.

2. Дар ин кор усули омории таносуби басомадҳо барои пешгӯии тарма бори аввал истифода шудааст, ки барои татбиқи амалии модели осебпазирии ҳудуди водии дарёи Ғунд ба пайдоиши тарма натиҷаи қобили қабулро нишон дод. Дар ин бобат натиҷаи ба даст овардашуда ба мо ҳуқуқи пурра медиҳад, ки ин усулро барои муайян кардани минтақаҳои ба тарма бештар осебпазир истифода бурда, барои дигар ноҳияҳои тармафароии ҷумҳурӣ тавсия намоем.

3. Минтақаҳоеро, ки ба пайдоиши хатарҳои геологӣ таҳлилшаванда баланд ва хеле баланд доранд ва танҳо баъд аз он метавон маҷмӯи тадбирҳои фаъоли мубориза бо ин зуҳуротро муайян кард.

4. Диққати махсус бояд ба нишебиҳои осебпазирии хеле баланд ва баланд ба пайдоиши сангрезии дода шавад, зеро татбиқи чораҳои фаъол дар ин ҳолат хеле гарон аст.

5. Аз ин лиҳоз, сокинони ин минтақа бояд хонаҳои худро то ҳадди имкон аз нишебиҳо дуртар созанд. Дар он ҷое, ки сохтмони иншоот ба монанди иншооти хатӣ (роҳҳо ва хатҳои барқ) ногузир аст, тавсия дода мешавад, ки галереяҳо ва ҳамвор кардани нишебиҳо, махсусан онҳое, ки аз онҳо раҳҳо мегузаранд, нишебиҳо ба пайдоиши сангрезии бештар моил мекунад.

## **Феҳристи корҳои чопшуда аз рӯи мавзӯи диссертатсия**

**I. Мақолаҳои нашршуда дар маҷаллаҳои илмӣ пешбари тақризишаванда, ки аз ҷониби ҚОА назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон тавсия дода шудаанд:**

**[1-М]** Раҳимбекова М.Р. Роль инвентаризации оползневых явлений при моделированиях восприимчивости к оползням. [Текст] / Ш.А. Файзуллоев., Дж. М. Нарзиев., Д.Ф. Байгенов., М.Р. Раҳимбекова., Х.С. Окилшоев. // Наука и инновация, таджикский национальный университет серия геологических и технических наук. - 2020. - №4. -С. 30-35.

**[2-М]** Раҳимбекова М.Р. Зонирования территории долины реки Гунт по степени восприимчивости к возникновению оползней. [Текст] / М.Р. Раҳимбекова., Ш.А. Файзуллоев. // Известия, НАНТ: серия физико-математических, химических, геологических и технических наук, 2023, №2 (191). -С. 64-75.

**[3-М]** Раҳимбекова М.Р. Степень восприимчивости склонов долины реки Обихингоу к возникновению оползней. [Текст] / Б.А.Аламов, Ш.А.Файзуллоев, Д.Ф.Байгенов, М.Р.Раҳимбекова, У.А.Шарифов// Известия, НАНТ: серия физико-математических, химических, геологических и технических наук, №4 (193), 2023. -С. 136-146.

**[4-М]** Раҳимбекова М.Р. Оценка восприимчивости к возникновению оползней долины реки Зеравшан методом анализа иерархий. [Текст] / Д.Ф. Байгенов., Ш.А. Файзуллоев., Б.А. Аламов., М.Р. Раҳимбекова. // Вестник филиала Московского Государственного университета имени М.В. Ломоносова в городе Душанбе. Серия естественных наук. Том 1, № 1 (37), 2024. -С. 98-109.

**[5-М]** Раҳимбекова М.Р. Оценка прогностической способности модели восприимчивости к возникновению оползней. [Текст] / М.Р. Раҳимбекова. // Наука и инновация,

таджикский национальный университет серия геологических и технических наук. - 2024, №4. - С. 87-94.

**[6-М]. Рахимбекова М.Р.** Влияние морфометрических и климатических условий на развитие осыпей долины реки Гунт [Текст] / Рахимбекова М.Р., Оймухаммадзода И.С., Файзуллоев Ш.А. // Доклады национальной Академии наук Таджикистана. -2024, том 67, №7-8. -С. 387-399.

**II. Мақолаҳои нашршуда дар маҷмуаҳои илмӣ, маҷалаҳо ва маводи конфронсҳо:**

**[7-М]** Рахимбекова М.Р. Влияния крутизны и экспозиции склонов на распространения оползневых явлений долины реки Зеравшан. [Текст] / Д.Ф. Байгенов., Ш.А. Файзуллоев., М.Р. Рахимбекова. // Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы инженерной геологии, гидрогеологии, гидрологии и разработки месторождений полезных ископаемых Таджикистана и сопредельных территорий», посвящённой 80-летию со дня рождения заслуженного работника Таджикистана, доктора технических наук, профессора, академика инженерной академии республики Таджикистан Комилова Одины Комиловича 25-го февраля 2022 г. – 2022. - С. 214-219.

**[8-М]** Раҳимбекова М.Р. Нафт ва газ: асрори пайдоиш. [Текст] / С.Р. Мавлонӣ., Ф.А. Раҳимов., М.Р. Раҳимбекова. // Маводи конфронси ҷумҳуриявӣ илмӣ-амалӣ бахшида ба рӯзи “Геология тоик” 7 -9 декабри соли 2024. -Душанбе, 2024. -С. 9-14.

**[9-М]** Раҳимбекова М.Р. Южный кум: геологическое строение и нефтегазоносность [Текст] / С.Р. Мавлонӣ., Ф.А. Раҳимов., М.Р. Раҳимбекова// Материалы международной научно-практической конференции XIV Ломоносовские чтения «Роль филиала московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в городе Душанбе в

развитии науки и образования» (22-23 ноября 2024 г.), часть 2. Естественные науки. -С. 340-345.

[10-М] Рахимбекова М.Р. Западная Фергана: современное состояние и перспективы развития нефтегазоносный. [Текст] / Ф.А. Рахимов., М.Р. Рахимбекова., С.Р. Мавлони// O‘zbekiston respublikasi tog‘-kon sanoati va geologiya vazirligi geologiya fanlari universiteti “h.m. Abdullayev nomidagi geologiya va geofizika instituti” davlat muassasasi. “O‘zbekiston respublikasining barqaror rivojlanishida geologik muammolarning fundamental, amaliy va innovatsion yechimlari” Respublika ilmiy-amaliy anjuman. Toshkent 2024-yil 7-8 noyabr. -С.310-313.

[11-М] Рахимбекова М.Р. Сравнительная геохимическая оценка перспектив сумсарской нефтегазоносной структуры западной и центральной части Ферганской впадины. [Текст] / М.Р. Рахимбекова., Ф.А. Рахимов., С.Р. Мавлони// O‘zbekiston respublikasi tog‘-kon sanoati va geologiya vazirligi geologiya fanlari universiteti “h.m. Abdullayev nomidagi geologiya va geofizika instituti” davlat muassasasi. “O‘zbekiston respublikasining barqaror rivojlanishida geologik muammolarning fundamental, amaliy va innovatsion yechimlari” Respublika ilmiy-amaliy anjuman. -Toshkent 2024-yil, 7-8 noyabr. -С.307-310.

[12-М] Rahimbekova M.R. Use of frequency ratio method and GIS for landslide susceptibility modeling: a case study in the South-Western part of Tajikistan. SH.A. Faizulloev., B.A. Alamov., M.R. Rahimbekova. Natural Hazart and Climate Change Conference. Szeged, 21-23. May 2025, p.24.

## **РҶҲАТИ МАНБАЪҲОИ ИСТИФОДАШУДА**

1. Байгенов Д.Ф. Влияния крутизны и экспозиции склонов на распространения оползневых явлений долины реки Зеравшан / Д.Ф. Байгенов, Ш.А. Файзуллоев, М.Р. Рахимбекова // Материалы международной научно-

практической конференции «Проблемы инженерной геологии, гидрогеологии, гидрологии и разработки месторождений полезных ископаемых Таджикистана и сопредельных территорий», посвящённой 80-летию со дня рождения заслуженного работника Таджикистана, доктора технических наук, профессора, академика инженерной академии республики Таджикистан Комилова Одины Комиловича 25-го февраля 2022. -С. 214-219.

2. Леонова, А. В. Оценка оползневых процессов на территории г. Томска с использованием ГИС-технологий/ А. В. Леонова, Л. А. Строкова, А. Н. Никитенков // Вестник ВГУ. Серия: Геология, (1), -М., 2021. -С. 94-103. <https://doi.org/10.17308/geology.2021.1/3341>

3. Лысков Л.М. Возраст рельефа и четвертичная тектоника Северного и Центрального Таджикистана/ Л.М. Лысков // Сб.: Тектоника Тянь-Шаня и Памира. -М.: Наука. 1983. -С.149-155.

5. Лысков Л.М. Геоморфология и новейшая тектоника района Верхнего Вахша. / Л.М. Лысков // В кн.: Неотектоника и сейсмоструктура Таджикистана. -Душанбе: Дониш, 1969. -С. 62-96.

4. Mukhammadzoda S., Application of Frequency Ratio Method for Landslide Susceptibility Mapping in the Surkhob Valley, Tajikistan. / S. Mukhammadzoda, F. Shohnavaz, O. Pihomjon, G. Zhang. // Journal of Geoscience and Environment Protection, 9. -2021, p.168-189. doi: [10.4236/gep.2021.912011](https://doi.org/10.4236/gep.2021.912011).

5. Chen Z. Landslide susceptibility mapping using statistical bivariate models and their hybrid with normalized spatial-correlated scale index and weighted calibrated landslide potential model. / Chen Z., Song, D., Juliev, M., Pourghasemi, H. R.// Environmental Earth Sciences, 80 (8). (2021). doi:[10.1007/s12665-021-09603-9](https://doi.org/10.1007/s12665-021-09603-9).

6. Chen, Z. The influence of DEM spatial resolution on landslide susceptibility mapping in the Baxie River basin, NW

China / Chen, Z., Ye, F., Fu, W. // *Nat Hazards* **101**, 853–877 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11069-020-03899-9>

7. Claessens L. DEM resolution effects on shallow landslide hazard and soil redistribution modelling. / Claessens L., Heuvelink G, B, M., Schoorl J.M., Veldkamp A.// *30*(4), -P. 461–477. (2005). doi:10.1002/esp.1155

8. Ischuk, A. Kinematics of the Pamir and Hindu Kush regions from GPS geodesy. / Ischuk, A., Bendick, R., Rybin, A., Molnar, P., Khan, S.F., Kuzikov, S., Mohadjer, S., Saydullaev, U., Ilyasova, Z., Schelochkov, G., Zubovich, A. V.// *J. Geophys. Res. Solid Earth*. 2408–2416. (2013). <https://doi.org/10.1002/jgrb.50185>.

10. Liu, Y. A comparative evaluation of machine learning algorithms and an improved optimal model for landslide susceptibility: a case study/ Liu, Y., Xu, P., Cao, C., Shan, B., Zhu, K., Ma, Q., Yin, H.// *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 12 (1), 1973–2001 (2021). doi:10.1080/19475705.2021.1955018.

11. Luo, L. From scenario-based seismic hazard to scenario-based landslide hazard: rewinding to the past via statistical simulations. / Luo, L., Lombardo, L., van Westen, C.// *Stoch Environ Res Risk Assess* (2021). <https://doi.org/10.1007/s00477-020-01959>

12. Sophia S. Rwanga, J. Ndambuki M. Accuracy Assessment of Land Use/Land Cover Classification Using Remote Sensing and GIS / Sophia S. Rwanga, J. Ndambuki M. // *International Journal of Geosciences*, 2017, 8, -P. 611-622.

13. Wang, Y. Comparison of Random Forest Model and Frequency Ratio Model for Landslide Susceptibility Mapping (LSM) in Yunyang County (Chongqing, China) / Wang, Y., Sun, Deliang W., Haijia, Z., Hong, Z. // *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(12), 4206– (2020). doi:10.3390/ijerph17124206

14. Wu S. Modeling the effects of elevation data resolution on the performance of topography-based watershed runoff simulation

/ Wu S., Jonathan L., Huang G.H. // 22 (9), 1250–1260. (2007). doi: 10.1016/j.envsoft.2006.08.001

15. Wubalem, A. Modeling of Landslide susceptibility in a part of Abay Basin, northwestern Ethiopia. *Open Geosciences*, 12(1), 1440–1467. (2020). doi:10.1515/geo-2020-0206.

## АННОТАТСИЯ

ба автореферати диссертатсияи Раҳимзода М.Р. дар мавзуи “Қонуниятнокии паҳншавии равандҳои экзогенӣ-геологӣ дар водии дарёи Ғунд” барои дарёфти дараҷаи илмии номзади илмҳои геология ва минералогия аз рӯйи ихтисоси 25.00.08 – Геологияи инженерӣ, яхбандишиносӣ ва хокшиносӣ

**Калидвожаҳо:** дарёи Ғунд, ярҷо, сангрезиишҳо, тармаҳо, осебпазирӣ, моделсозӣ, кунчи нишебӣ, баланди аз сатҳи баҳр, боришоти атмосферӣ, ROC - таҳлил, арзиши АUC.

Автореферати мазкур ба омӯзиши шаклҳои фазоии ярҷ, ҷараёни тарма ва сангрезииш дар водии дарёи Ғунд бахшида шудааст. Дар минтақаи таҳқиқшуда равандҳои геологӣи экзогенӣ паҳн шудаанд.

Маълум шуд, ки модели сифрии маҳал на танҳо ба сифати харитаҳои осебпазирӣи ярҷ, сангрезииш ва тарма, балки ба коркарди баъдӣ низ таъсир мерасонад. Барои таҳияи харитаҳои осебпазирӣ ва муайян кардани шакли дақиқи фазоии ярҷо, сангрезиишҳо ва тармаҳо модели ҳалли 30м истифода шудааст. Намудҳои фазоии ярҷо, сангрезиишҳо ва тармаҳо вобаста ба омилҳои асосӣ (кунчи нишебӣ, самти хобиши нишебӣҳо, боришот, минтақаи баландӣ, қачшавии нишебӣ ва таъсири сейсмикӣ) муайян карда шуданд.

Бори аввал моделҳои осебпазирӣ ба ярҷ, сангрезииш ва тарма бо усулҳои миқдорӣ сохта шуданд. Пас аз муайян кардани шаклҳои фазоии сангрезиишҳо ва таҳияи модел танҳо саволе, ки боқӣ мемонад ин дурустии модел аст. Барои арзёбии он ROC - таҳлил истифода мешавад. Натиҷаҳои таҳлили ROC - таҳлил қобилияти баланди пешгӯии модели таҳияшудаи осебпазирӣ ҳудудҳоро ба пайдоиши сангрезиишҳо тасдиқ мекунанд.

## АННОТАЦИЯ

на автореферат диссертации Рахимзода М.Р. на тему «Закономерности экзогенных геологических процессов долины реки Гунт» на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.08 – инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.

**Ключевые слова:** река Гунт, оползни, осыпи, лавины, восприимчивость, моделирование, крутизна склонов, высотная зональность, атмосферные осадки, ROC-анализ, значение AUC.

Представленный автореферат посвящён исследованию пространственные закономерностей оползней, осыпей и лавинных процессов долины реки Гунт. Экзогенных геологических процессов широко распространены на территории изучаемого района.

Выяснилось, что цифровая модель рельефа оказывает не только на качество карт восприимчивости к оползням, осыпей и лавины, но и на постобработку. Для создания карт восприимчивости и для выявления более точных пространственных закономерностей оползней, осыпей и лавин было использовано модель с разрешением 30м. Выявлен пространственные закономерности оползней, осыпей и лавинных явлений в зависимости от основных факторов (крутизна склонов, экспозиция склонов, атмосферные осадки, высотная зональность, кривизна склонов и сейсмические воздействие).

Впервые были построены модели восприимчивости к оползням, осыпам и лавинам с использованием количественных и полуколичественных методов. После определения пространственных закономерностей осыпей и разработки модели остаётся нерешённым лишь вопрос точности модели. Для его оценки применяется ROC-анализ. Результаты ROC-анализа подтверждают высокую прогностическую способность разработанной модели восприимчивости территорий к возникновению осыпей.

## ANNOTATION

of the dissertation summary by Rakhimzoda M.R. on the topic: "Patterns of Exogenous Geological Processes in the Gunt River Valley" submitted for the academic degree of Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, specialty 25.00.08 – Engineering Geology, Permafrost Studies, and Soil Science.

**Key words:** Gunt river, landslides, rockfalls, avalanches, susceptibility, modeling, slope, altitudinal zonation, atmospheric precipitation, ROC - analysis, AUC.

The presented dissertation summary is devoted to the study of spatial patterns of landslides, rockfalls, and avalanche processes in the Gunt River Valley. Exogenous geological processes are widespread throughout the study area.

It was found that the digital elevation model (DEM) influences not only the quality of susceptibility maps for landslides, rockfalls, and avalanches, but also the post-processing procedures. A DEM with a 30-meter resolution was used to produce susceptibility maps and to identify more accurate spatial patterns of these processes. Spatial regularities of landslides, rockfalls, and avalanches were revealed in relation to key factors such as slope steepness, slope aspect, precipitation, altitudinal zoning, slope curvature, and seismic activity.

For the first time, susceptibility models for landslides, rockfalls, and avalanches were developed using quantitative and semi-quantitative methods. After identifying the spatial patterns of rockfalls and developing the model, the issue of model accuracy remains to be addressed. To evaluate this, ROC analysis was applied. The ROC analysis results confirm the high predictive capability of the developed susceptibility model for rockfall-prone areas.