

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О.А.Байконурова

Кафедра Маркшейдерское дело и геодезии

Наметов Ильяр Алымжанович

Исследование сейсмоопасных зон Шымбулака с применением ГИС технологий

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

7М07306 - Геопространственная цифровая инженерия

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

УДК 528.7

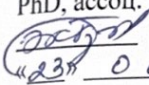
На правах рукописи

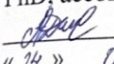
Наметов Ильяр Алымжанович

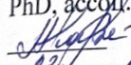
МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

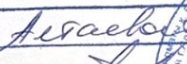
На соискание академической степени магистра

Название диссертации	Исследование сейсмоопасных зон Шымбулака с применением ГИС технологий
Направление подготовки	7M07306 - Геопространственная цифровая инженерия

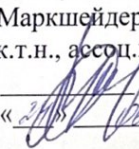
Научный руководитель
PhD, ассоц. профессор
 Кожаяев Ж.Т.
«23» 06 2025 г.

Рецензент
PhD, ассоц. профессор
 Алтаева А.А.
«14» 06 2025 г.

Нормоконтроль
PhD, ассоц. профессор
 Айтказинова Ш. К.
«23» 06 2025 г.

Подпись 
заверяю
HR департамент
«24» 06 2025 г.

HR - ДЕПАРТАМЕНТ
HR - ДЕПАРТАМЕНТ
HR - DEPARTMENT

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
Маркшейдерского дела и геодезии
к.т.н., ассоц. профессор
 Мейрамбек Г.
«24» 06 2025 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНТУ им.К.И.Сатпаева»
Горно-металлургический институт
им. О.А. Байконурова

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра Маркшейдерское дело и геодезии

7M07306 - Геопространственная цифровая инженерия

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
Маркшейдерского дела и геодезии
к.т.н., ассоц. профессор
Мейрамбек Г.
«14» 10 2025 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистрант Наметов Ильяр Алымжанович

Тема «Исследование сейсмоопасных зон Шымбулака с применением ГИС технологий»
Утверждена приказом проректора по академическим вопросам №548-П/Ө от «04»
декабрь 2023г.

Срок сдачи законченной диссертации «24» 06 2025г.

Исходные данные к магистерской диссертации: Карта «OpenStreetMap», исторический
список землетрясений, n/o «Python», хостинг веб-сайтов «ps.kz»

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:

- а) Изучение существующих методов исследования сейсмоопасных зон;
- б) Исследование истории землетрясений г. Алматы;
- в) Разработка ВЕБ-сайта с интеграцией списка землетрясений.

Рекомендуемая основная литература:

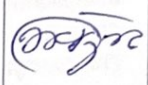
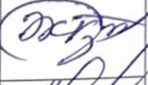
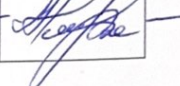
1. Асанбаев Т.А., Аубакиров Е.М., Сеитов Ж.К. Современные геодинамические процессы и сейсмичность территории Казахстана. Алматы: Ғылым, 2019. 248 с.
2. Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., Wasle, E. Introduction to GNSS Geodesy: Foundations of Precise Positioning Using Global Navigation Satellite Systems. Вена: Springer, 2023. 518 с.
3. Myint K. C., Matori A., Gohari A. Application of GNSS Methods for Monitoring Offshore Platform Deformation // E3S Web of Conferences. 2018. Т. 34. С. 01019. DOI: 10.1051/e3sconf/20183401019

ГРАФИК
подготовки магистерской диссертации

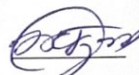
Наименование разделы, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Аналитический обзор существующих методов исследования сейсмоопасных зон	01.10.2024 г.	нет
Разработка модели для выполнения функции определения взаимосвязей исторических и оновременных землетрясений	20.12.2024 г.	нет
Разработка карты с расположением очагов, глубин и мощности землетрясений	01.03.2025 г.	нет

Подписи

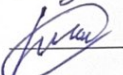
консультантов и нормоконтролера на законченную магистерскую диссертацию с указанием относящихся к ним разделов диссертации

Наименование разделов	Консультанты, Ф.И.О. (уч.степень, знание)	Дата подписания	Подпись
Теоретико-методологические основы и природные условия исследования сейсмоопасных зон Шымбулака	PhD, ассоц. профессор Ж.Т. Кожаев	01.10.2024 г.	
Методология ГИС-анализа и моделирования сейсмической опасности и риска для Шымбулака	PhD, ассоц. профессор Ж.Т. Кожаев	20.12.2024 г.	
Методология ГИС-анализа и моделирования сейсмической опасности и риска для Шымбулака	PhD, ассоц. профессор Ж.Т. Кожаев	01.03.2025 г.	
Нормоконтролер	PhD, ассоц. профессор Айтказинова Ш.К.	23.06.2025	

Научный руководитель

 Кожаев Ж.Т.

Задание принял к исполнению обучающийся

 Наметов И.А.

Дата

«23» 10 2023г.

АНДАТПА

Ұсынылып отырған диссертациялық жұмыс ГАЖ технологияларын қолдана отырып, Шымбұлақ тау шаңғысы курортының сейсмикалық қауіпті аймақтарын кешенді зерттеуге арналған. Таңдалған тақырыптың өзектілігі Солтүстік Тянь-Шаньның жоғары сейсмикалық аймағында орналасқан курорт аумағына түсетін антропогендік жүктеменің артуымен негізделген, бұл әлеуетті қауіптерді егжей-тегжейлі зерттеуді және бағалауды қажет етеді.

Зерттеу барысында геологиялық, геоморфологиялық, сеймотектоникалық деректерді, сондай-ақ Шымбұлақтың қолданыстағы инфрақұрылымы туралы деректерді қоса алғанда, кең көлемдегі геокеңістіктік деректерді талдау және синтездеу жүргізілді. Заманауи ГИС-технологияларды пайдалана отырып, сейсмикалық қауіптің әртүрлі аспектілерін, мысалы, белсенді жарықтардың орналасуын, ықтимал көшкіндер мен тас құлау аймақтарын, сондай-ақ қарқынды сейсмикалық тербелістер қаупі жоғары учаскелерді көрсететін тақырыптық карталар әзірленді және визуалдандырылды.

Жұмыстың негізгі аспектісі ГАЖ-талдау негізінде Шымбұлақтың инфрақұрылымдық объектілері үшін сейсмикалық қауіпті бағалау әдістемесін әзірлеу. Бұл бірінші кезекте сейсмикалық күшейту және эвакуацияны жоспарлау шараларын қажет ететін ең осал аймақтар мен объектілерді анықтауға мүмкіндік берді. Алынған нәтижелер ықтимал жер сілкінісінің салдарын азайту, мониторинг және ерте ескерту жүйесін жаксарту үшін тиімді стратегияларды әзірлеуге негіз бола алады.

Диссертацияның практикалық маңызы таулы аймақтарда халықтың қауіпсіздігін қамтамасыз етуге және туристік инфрақұрылымды дамытуға жауапты мемлекеттік органдарға, сондай-ақ Шымбұлақ тау шаңғысы курортының басқарушы компанияларына ғылыми негізделген ұсыныстар беруде. Жұмыс нәтижелері қала құрылысын жоспарлауда, жер сілкінісіне төзімді ғимараттарды жобалауда және төтенше жағдайларға әрекет ету жоспарларын әзірлеуде негізделген шешімдер қабылдау үшін пайдаланылуы мүмкін.

АННОТАЦИЯ

Представленная диссертационная работа посвящена комплексному исследованию сейсмоопасных зон горнолыжного курорта Шымбулак с применением геоинформационных систем (ГИС). Актуальность выбранной темы обусловлена возрастающей антропогенной нагрузкой на территорию курорта, расположенного в высокосейсмичном регионе Северного Тянь-Шаня, что требует детального изучения и оценки потенциальных рисков.

В рамках исследования был проведен анализ и синтез обширного объема геопространственных данных, включая геологические, геоморфологические, сейсмотектонические, а также данные о существующей инфраструктуре Шымбулака. Используя современные ГИС-технологии, были разработаны и визуализированы тематические карты, отражающие различные аспекты сейсмической опасности, такие как расположение активных разломов, зоны возможного возникновения оползней и камнепадов, а также участки с повышенным риском интенсивных сейсмических сотрясений.

Ключевым аспектом работы является разработка методологии оценки сейсмического риска для инфраструктурных объектов Шымбулака на основе ГИС-анализа. Это позволило выявить наиболее уязвимые зоны и объекты, требующие первоочередных мер по сейсмоусилению и планированию эвакуации. Полученные результаты могут служить основой для разработки эффективных стратегий по минимизации последствий возможных землетрясений, улучшению системы мониторинга и раннего оповещения.

Практическая значимость диссертации заключается в предоставлении научно обоснованных рекомендаций для государственных органов, ответственных за обеспечение безопасности населения и развитие туристической инфраструктуры в горных регионах, а также для управляющих компаний горнолыжного курорта Шымбулак. Результаты работы могут быть использованы для принятия обоснованных решений по градостроительному планированию, проектированию сейсмостойких сооружений и разработке планов реагирования на чрезвычайные ситуации.

ANNOTATION

This dissertation is dedicated to a comprehensive study of the seismically hazardous zones of the Shymbulak mountain resort using Geographic Information System technologies. The relevance of the chosen topic is driven by the increasing anthropogenic load on the resort's territory, located in the highly seismic region of the Northern Tien Shan, which necessitates a detailed study and assessment of potential risks.

The research involved the analysis and synthesis of a vast amount of geospatial data, including geological, geomorphological, and seismotectonic information, as well as data on Shymbulak's existing infrastructure. Utilizing modern GIS technologies, thematic maps were developed and visualized, illustrating various aspects of seismic hazard, such as the location of active faults, areas prone to landslides and rockfalls, and sections with an increased risk of intense seismic shaking.

A key aspect of the work is the development of a methodology for assessing seismic risk to Shymbulak's infrastructure facilities based on GIS analysis. This allowed for the identification of the most vulnerable zones and objects requiring priority measures for seismic strengthening and evacuation planning. The results obtained can serve as a basis for developing effective strategies to minimize the consequences of potential earthquakes and improve the monitoring and early warning systems.

The practical significance of the dissertation lies in providing scientifically substantiated recommendations for government bodies responsible for ensuring public safety and developing tourism infrastructure in mountainous regions, as well as for the management companies of the Shymbulak mountain resort. The findings can be used to make informed decisions regarding urban planning, the design of earthquake-resistant structures, and the development of emergency response plans.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
1 Теоретико-методологические основы и природные условия исследования сейсмоопасных зон Шымбулака	10
1.1 Общие сведения об объекте исследования	10
1.2 Основные понятия и определения: сейсмическая опасность, риск, уязвимость, экспозиция.	11
1.3 Природные условия и сеймотектоническая характеристика Шымбулака	15
2 Методология ГИС-анализа и моделирования сейсмической опасности и риска для Шымбулака	26
2.1 Макросейсмические проявления сильных землетрясений и закономерности затухания интенсивности сотрясений	26
2.2 Карты изосейст сильных землетрясений	28
2.3 Классификация и категорирование объектов по степени уязвимости к сейсмическим воздействиям.	29
2.4 Сбор данных для составления ВЕБ – сайта, с демонстрацией исторических землетрясений	32
3 Результаты исследования, их практическое применение и рекомендации по снижению сейсмического риска	33
3.1 Написание кода для отображения информации об исторических землетрясениях на сайте	33
3.1.1 Подготовка данных. Преобразование xlsx таблицы в json с расчетом приблизительных радиусов распространения землетрясений	33
3.1.2 Архитектура приложения	35
3.1.3 Загрузка и обработка данных	36
3.1.4 Визуализация на карте	36
3.1.5 Фильтрация и анализ данных	37
3.1.6 Визуализация статистики	38
3.1.7 Интерактивный список землетрясений	39
3.2 Размещение полученного скрипта на ВЕБ – хостинг и присвоение доменного имени	39
3.3 Обзор ВЕБ – приложения	40
Заключение	48
Список использованной литературы	49
Приложение А	50
Приложение Б	52

ВВЕДЕНИЕ

Шымбулак, известный горнолыжный курорт, расположенный в живописных горах Заилийского Алатау, является одним из ключевых туристических направлений Казахстана. Ежегодно он привлекает тысячи туристов и любителей активного отдыха. Однако территория курорта находится в высокосейсмичном регионе Северного Тянь-Шаня, характеризующемся частыми и порой разрушительными землетрясениями. Близость к активным тектоническим разломам и сложный горный рельеф, предрасполагающий к оползням и камнепадам, делают Шымбулак зоной повышенного сейсмического риска. Возрастающая антропогенная нагрузка, связанная с развитием инфраструктуры курорта – строительством новых зданий, канатных дорог, дорог и других объектов – значительно увеличивает потенциальные угрозы в случае сильного землетрясения. Отсутствие комплексного и актуального анализа сейсмической опасности с учетом всех современных данных и технологий может привести к непредсказуемым и катастрофическим последствиям.

Актуальность данной диссертационной работы определяется острой необходимостью в научно обоснованной оценке сейсмической опасности и риска для территории Шымбулака. Применение современных ГИС открывает новые возможности для детального пространственного анализа, моделирования и визуализации сейсмических угроз. Это позволяет не только выявить наиболее уязвимые зоны и объекты, но и разработать эффективные меры по снижению сейсмического риска, что крайне важно для обеспечения безопасности туристов, персонала курорта и сохранности дорогостоящей инфраструктуры. Комплексный подход, сочетающий в себе геологические, геоморфологические и сеймотектонические данные с ГИС-технологиями, позволит создать надежную основу для принятия управленческих решений в области градостроительства, инженерной защиты и планирования действий в чрезвычайных ситуациях.

Целью данной диссертационной работы является разработка комплексной методики оценки сейсмической опасности и риска для территории горнолыжного курорта Шымбулак с использованием ГИС-технологий, а также на основе полученных данных – формирование рекомендаций по повышению сейсмобезопасности [1].

Задачей является сбор и анализ геопространственных данных, выявление и картирование сейсмогенерирующих зон и зон оползневой/камнепадной опасности, оценить сейсмическую опасность и риск для инфраструктуры, разработать научно обоснованные рекомендации по снижению сейсмического риска.

1 Теоретико-методологические основы и природные условия исследования сейсмоопасных зон Шымбулака

1.1 Общие сведения об объекте исследования

Объектом исследования в данной работе является горнолыжный курорт Шымбулак, расположенный в Казахстане, недалеко от города Алматы в соответствии с рисунком 1.1.

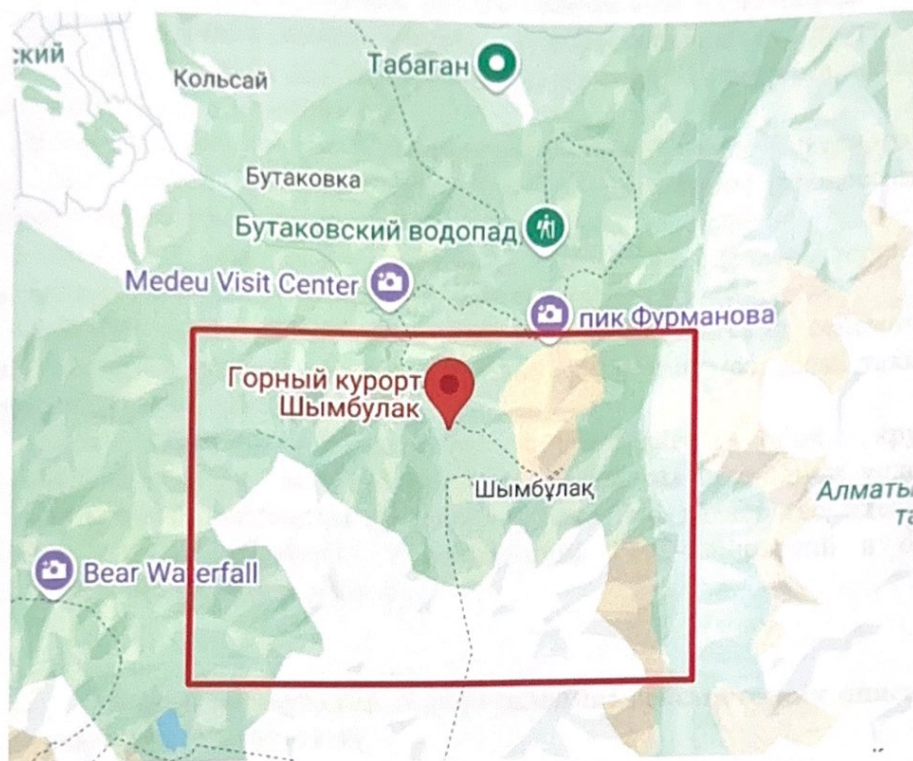


Рисунок 1.1 – Область интереса

Шымбулак находится в живописном ущелье Заилийского Алатау, части горной системы Тянь-Шань. Его базовая станция расположена на высоте 2260 метров над уровнем моря.

Максимальная высота катания достигает 3163 метров (Талгарский перевал).

Курорт находится всего в 25 км от центра города Алматы, что обеспечивает ему хорошую транспортную доступность.

Климат в регионе горный, характеризующийся большим количеством солнечных дней – до 90% в году.

Средняя температура воздуха летом составляет около $+20^{\circ}\text{C}$, зимой -7°C .

Средняя толщина снежного покрова достигает 150 см.

Горнолыжный сезон обычно длится с середины ноября до начала мая.

Общая протяженность горнолыжных трасс составляет около 3620 м, с перепадом высот до 1000 м. Трассы аттестованы Международной Федерацией Горнолыжного Sports (FIS).

Курорт располагает развитой системой канатных дорог (гондольные и кресельные), которые соединяют базовую станцию с различными участками склонов.

На территории Шымбулака функционируют гостиницы, рестораны, кафе, пункты проката снаряжения, школы горных лыж и сноуборда.

Помимо горнолыжного спорта, курорт предлагает другие виды активного отдыха, такие как веревочный парк, конные прогулки, катание на квадроциклах и парапланеризм.

Шымбулак расположен в высокосейсмичном регионе Северного Тянь-Шаня. Этот район активно подвержен тектоническим процессам, что приводит к частым землетрясениям.

Близость к крупным активным разломам делает территорию потенциально уязвимой для сильных сейсмических событий.

Сложный горный рельеф усугубляет риски, так как сейсмические сотрясения могут спровоцировать опасные склоновые процессы, такие как оползни, обвалы и камнепады.

Таким образом, Шымбулак представляет собой крупный туристический объект, расположенный в уникальных природных условиях, но с повышенной сейсмической активностью. Это делает его идеальным полигоном для исследования и применения ГИС-технологий в оценке сейсмической опасности и рисков.

1.2 Основные понятия и определения: сейсмическая опасность, риск, уязвимость, экспозиция

Рассмотрим основные понятия и определения, используемые в контексте сейсмических исследований:

Сейсмическая опасность: вероятность возникновения в данном месте и в течение определенного промежутка времени землетрясений определенной интенсивности или магнитуды. Сейсмическая опасность характеризует *само природное явление* – землетрясение. Она описывается параметрами движения грунта, такими как пиковое ускорение грунта (PGA), пиковая скорость грунта (PGV) или спектральные ускорения, и выражается в баллах по макросейсмическим шкалам (например, MSK-64, EMS-98) или в вероятностях превышения определенного уровня сотрясений за заданный период времени. При оценке сейсмической опасности учитываются геологические и сеймотектонические условия региона, история землетрясений и их повторяемость.

Сейсмический риск: ожидаемые потери (человеческие жертвы, экономический ущерб, функциональные нарушения) от землетрясений в данном месте за определенный промежуток времени. В отличие от сейсмической опасности, которая фокусируется на природном явлении, сейсмический риск включает в себя элементы, связанные с человеческой деятельностью и инфраструктурой. Он является функцией трех основных компонентов: Вероятность возникновения сотрясений определенной интенсивности.

Экспозиция: Ценность и распределение элементов, подверженных риску (население, здания, инфраструктура).

Уязвимость: Степень повреждения этих элементов при заданном уровне сейсмического воздействия.

Уязвимость: предрасположенность элемента, подверженного риску (например, здания, человека, инфраструктуры), к повреждениям или потерям в результате воздействия землетрясения определенной интенсивности. Уязвимость выражается как функция интенсивности сотрясений и может быть качественной (высокая, средняя, низкая) или количественной (например, процент ожидаемых потерь, вероятность разрушения). Она зависит от множества факторов, включая тип конструкции здания, качество материалов, возраст постройки, соответствие строительным нормам, а также тип грунтов.

Экспозиция: полная характеристика всех элементов, подверженных риску, которые могут быть затронуты землетрясением в определенной зоне. Экспозиция включает в себя:

Население: Количество людей, находящихся в зоне риска.

Здания и сооружения: Их количество, тип, возраст, стоимость, этажность и назначение.

Инфраструктура: Дороги, мосты, тоннели, коммуникации (электро-, газо-, водоснабжение), больницы, школы и другие критически важные объекты.

Экономические активы: Материальные ценности, производство. Экспозиция представляет собой "инвентаризацию" того, что может быть повреждено, и является ключевым компонентом для оценки потенциальных экономических и социальных потерь.

Понимание этих взаимосвязанных понятий крайне важно для комплексной оценки сейсмического риска и разработки эффективных стратегий по его снижению.

Сейсмические события могут как создавать новые условия, способствующие образованию селей, так и изменять существующие факторы селеобразования, делая их более выраженными или менее устойчивыми.

Катастрофические землетрясения играют значительную роль в формировании рельефа, что благоприятствует возникновению селевых потоков. Это включает в себя такие явления, как обвалы, блокирующие ущелья, смещения грунта по разломам и оползни. Со временем большинство

этих форм рельефа сглаживаются или полностью исчезают в результате денудации.

Скопления обвальных масс часто образуют естественные запруды, перекрывающие русла рек и приводящие к формированию озёр. Прорыв таких естественных плотин может стать причиной разрушительных паводков и селей. Например, подобное явление наблюдалось на реках Киши Алматы и Аксай после Верненского землетрясения 1887 года.

Землетрясения также могут снижать устойчивость водонасыщенных грунтов. В результате грунт может приобретать повышенные вязкопластичные свойства, что позволяет разжиженным массам перемещаться даже на относительно пологих склонах.

Воздействие сейсмической активности на моренно-ледниковые комплексы способствует высвобождению моренных отложений, а также провоцирует снежные и ледовые обвалы, увеличивая вероятность образования селей. Стоит отметить, что естественные перемычки крупных моренно-ледниковых водоемов, как правило, являются достаточно прочными образованиями.

Сейсмические явления играют двойную роль в селеобразовании: они могут инициировать новые факторы, необходимые для формирования селей, а также изменять уже существующие условия, делая их более благоприятными для схода селей, даже при меньших критических характеристиках.

Катастрофические землетрясения существенно влияют на рельефообразование, что способствует возникновению селевых потоков. К таким последствиям относятся обвалы, которые блокируют ущелья, оползни и смещения грунта по тектоническим разрывам. Со временем большинство этих рельефных форм подвергаются денудации, постепенно сглаживаясь или полностью исчезая. Сели, в свою очередь, являются эффективным агентом транспортировки наносов [3].

Массы завалов часто формируют естественные плотины, перекрывающие течение горных рек и приводящие к образованию озёр. Прорыв таких озёр может вызвать внезапные паводки и селевые потоки. Примером служит Верненское землетрясение 1887 года, после которого подобное явление наблюдалось на реках Киши Алматы и Аксай. Продолжительность существования таких естественных озёр до их катастрофического прорыва может варьироваться от коротких периодов до тысячелетий, как это было с завалом на реке Есик. В таких случаях завалы выполняют функцию временных хранилищ наносов, прерывая вынос материала из высокогорных зон на предгорные равнины на длительное время [4].

Сейсмические колебания могут приводить к снижению устойчивости водонасыщенных грунтов. В результате грунты могут приобретать выраженные вязкопластичные свойства, что позволяет разжиженным массам

перемещаться даже по относительно пологим склонам, не требуя значительного уклона для течения.

Сейсмическое воздействие на моренно-ледниковые комплексы провоцирует обвалы снежно-ледовых и моренных масс, создавая предпосылки для формирования селей. Обычно перемычки крупных моренно-ледниковых водоёмов являются достаточно прочными сооружениями, состоящими из моренного материала, сцементированного льдом. Однако термокарстовые процессы способны значительно ослабить эти перемычки, и тогда даже небольшого сейсмического воздействия может быть достаточно для их проседания, перелива озёрных вод и последующего разрушения (что также возможно и без сейсмического влияния). Землетрясения также могут вызывать закупорку подземных каналов стока в моренно-ледниковых комплексах, приводя к образованию озёр объёмом до нескольких сотен тысяч кубометров, прорыв которых способствует формированию селей [4].

Напряжения, возникающие в коренных породах под действием сейсмического воздействия, приводят к образованию раздробленных пород вблизи плоскостей скольжения. Большие углы наклона этих плоскостей (десятки градусов) и наличие пылевато-песчаных частиц в составе раздробленных пород способствуют формированию селей при выпадении ливней. Объём и расход таких селей обычно невелики, но их относительно высокая повторяемость может блокировать транспортное сообщение и создавать угрозу для жизни и здоровья людей.

Антропогенный фактор играет значительную, а порой и решающую роль в формировании селевых потоков, особенно в среднегорной и низкогорной зонах. Сели, возникающие вследствие вмешательства человека в природные процессы, называются антропогенными. Сели, вызванные некорректной эксплуатацией накопителей, отличаются катастрофическим характером проявления и масштабными последствиями, включая потенциальное загрязнение окружающей среды. Такие сели могут возникать даже в местностях с минимальными перепадами высот. Примером служит сель 28–29 января 1988 года, возникший из-за прорыва аварийного накопителя сточных вод в песках Жаманкум близ Алматы. Объём этого селя составил 72,5 млн м³, что почти в 20 раз превысило объём селя 1973 года в бассейне реки Киши Алматы; максимальный расход достигал 1,5–2,5 тыс. м³/с, а плотность селевой массы составляла 1900±20 кг/м³. Сель причинил значительный ущерб и повлек человеческие жертвы [3].

С ростом риска, обусловленного урбанизацией и активным освоением селеопасных территорий, развивалась инженерная защита от селей и меры по их предупреждению. Для повышения эффективности противоселевых мероприятий требовалось расширение научных знаний о распространении селей, условиях их зарождения, изменении характеристик селевой массы, их взаимодействии с инженерными сооружениями и особенностях остановки в горных долинах, на конусах выноса и в селехранилищах.

Текущее состояние мониторинга селей не может быть признано полностью удовлетворительным. Хотя существуют методики краткосрочного прогнозирования селей ливневого и гляциального генезиса в Иле и Жетысу Алатау, а также рекомендации по оценке опасности для Южно-Казахстанской области, они не всегда обеспечивают прогностическую информацию с необходимой оправдываемостью и детализацией для эффективных управленческих решений. Более того, для некоторых селеактивных районов Казахстана такие методики отсутствуют. В связи с этим, необходимо активно развивать методы прогнозирования селевых явлений.

Для краткосрочного прогнозирования селей требуются прогнозы количества и интенсивности осадков, а также температуры воздуха. Одновременно необходимо изучать региональные и локальные особенности механизмов и процессов формирования селей, а также критические условия их возникновения. Оправдываемость краткосрочных прогнозов дождевых селей снижается из-за неравномерности выпадения осадков и отсутствия данных об их слое. Вероятность значительного улучшения краткосрочных прогнозов селей в Казахстане в ближайшее десятилетие мала. По мнению профессора М. А. Петросянца, для успешного прогнозирования опасных гидрометеорологических явлений в горной местности необходимо сократить расстояние между метеостанциями до 25 км, интервал между измерениями – до 45 минут, и уменьшить погрешность измерения метеоэлементов в 2–3 раза [4].

В селевом бассейне и прилегающих к нему бассейнах оправдываемость прогнозов дождевых селей может значительно возрасти при использовании сверхкраткосрочного прогноза, разработанного в Казгидромете в 2010 году.

Попытки разработать эффективные методы прогноза гляциальных селей пока не увенчались успехом. Это объясняется тем, что в качестве предикторов опорожнения селеопасных водоёмов используются только данные о температурном режиме воздуха и воды, а также осадках, из-за отсутствия других данных. До тех пор, пока не появится возможность получения достоверной информации о строении сети внутриледниковых каналов и водоёмов моренно-ледникового комплекса в целом, разработка методов прогноза селей, возникающих в результате прорыва поверхностных и внутриледниковых ёмкостей по подземным каналам стока, с приемлемой для практики оправдываемостью, представляется нереальной.

1.3 Природные условия и сейсмотектоническая характеристика Шымбулака

Природные условия и сейсмотектоническая характеристика Шымбулака являются ключевыми факторами, определяющими его

сейсмическую опасность и, как следствие, необходимость комплексного исследования с применением ГИС-технологий.

Географическое положение и рельеф: Шымбулак расположен в живописном Малоалматинском ущелье Заилийского Алатау, являющегося самой северной и высокой частью горной системы Тянь-Шань. Этот мощный хребет простирается на 350-360 км с запада на восток и имеет ширину 30-40 км. Преобладающие высоты в Заилийском Алатау составляют 4000-4600 м, с высшей точкой – пиком Талгар (4973 м). Сам курорт Шымбулак находится на высоте 2260 м над уровнем моря на базовой станции, а максимальная высота катания достигает 3163 м (Талгарский перевал). Рельеф здесь высокогорный, сильно расчлененный, с крутыми склонами, глубокими ущельями, ледниками и моренами. Такое строение создает условия для развития различных экзогенных процессов, таких как оползни, обвалы, камнепады и селевые потоки, которые могут быть спровоцированы сейсмическими событиями.

Климат: Климат в районе Шымбулака резко континентальный, но с выраженными высотными особенностями. Характеризуется большим количеством солнечных дней (до 90% в году), что способствует популярности курорта. Средняя температура воздуха летом составляет около +20°C, зимой -7°C. Средняя толщина снежного покрова достигает 150 см, что обеспечивает длительный горнолыжный сезон с ноября по май.

Гидрография: Территория Шымбулака, находящаяся в Малоалматинском ущелье, пересекается горными реками, впадающими в реку Малая Алматинка. Эти реки имеют преимущественно ледниковое и снеговое питание, характеризуются бурным течением и значительными колебаниями уровня воды в течение года. Горные реки Заилийского Алатау, в том числе Малая Алматинка, известны своей селевой опасностью, особенно в период интенсивного таяния снегов или ливневых дождей, а также при сейсмических толчках, способных спровоцировать разрушение моренных озер.

Геологическое строение: Заилийский Алатау сложен древними осадочными (песчаники) и изверженными породами (порфиры, граниты, гнейсы). Горы являются относительно молодыми, сформировавшимися в альпийский орогенический период. Наиболее интенсивный подъем гор происходил в течение последнего миллиона лет (в антропогенный период). Эта геологическая молодость и продолжающиеся тектонические процессы обуславливают высокую сейсмическую активность региона.

Шымбулак расположен в Алматинском сейсмоактивном районе, который относится к 9-балльной зоне юго-востока Казахстана. Этот регион является частью активного Тянь-Шаньского орогена, где происходит столкновение Индийской и Евразийской литосферных плит, что обуславливает значительные деформации земной коры и высокую сейсмичность.

Активные тектонические разломы: Территория Заилийского Алатау и прилегающие к Алматы районы пронизаны сетью активных тектонических

разломов. Многие из них имеют региональное значение и являются потенциальными источниками сильных землетрясений. В районе Алматы и Шымбулака выявлены десятки разломов. К наиболее значимым относятся:

Алматинский разлом: в направлении ЮВ-СЗ и проходит через южную и юго-западную части города Алматы, вблизи предгорий Заилийского Алатау. Сейсмические очаги, приуроченные к этому разлому, могут находиться как в пределах города, так и за его пределами.

Другие активные разломы, такие как Кеминский, Иссык-Кульский, Чиликский, также оказывают влияние на сейсмичность региона Заилийского Алатау, генерируя сильные землетрясения на значительном удалении.

Историческая сейсмичность: Район Алматы (бывшего Верного) и Заилийского Алатау имеет долгую историю разрушительных землетрясений, что подтверждает его высокую сейсмическую опасность:

Верненское землетрясение 1887 года: Магнитуда 7.3, очаг на северном склоне Заилийского Алатау, в 10-12 км к югу от Верного. Практически полностью разрушило город, став трагическим уроком для застройки.

Кеминское землетрясение 1911 года: Одно из крупнейших в XX веке, магнитуда 8.2 (по шкале Рихтера). Эпицентр располагался в районе восточного окончания Заилийского Алатау, около 40 км от Верного. Вызвало колоссальные разрушения, значительные изменения в горном ландшафте, включая гигантские обвалы.

Современная сейсмичность: Инструментальные наблюдения показывают, что сейсмическая активность в регионе сохраняется. Периодически фиксируются ощутимые толчки разной магнитуды, что свидетельствует о продолжающихся геодинамических процессах. Мониторинг сейсмичности является неотъемлемой частью оценки текущей сейсмической ситуации.

Алматинский разлом является частью более широкой системы разломов, связанных с активной тектоникой Тянь-Шаня. Его активность обусловлена столкновением Индийской и Евразийской литосферных плит, что вызывает накопление напряжений в земной коре региона. Геофизические исследования показывают, что разлом имеет сложную структуру, включая как вертикальные, так и косо-сдвиговые смещения. Кроме того, вдоль разлома наблюдаются изменения в уровне грунтовых вод и термальной активности, что может служить дополнительным индикатором напряжённости в зоне.

В последние десятилетия были зарегистрированы микро землетрясения, что указывает на сейсмическую активность даже в отсутствие разрушительных событий. Учитывая плотную застройку и высокий уровень урбанизации Алматы, наличие активных разломов вблизи города требует постоянного сейсмологического мониторинга и соблюдения современных норм сейсмостойкого строительства.

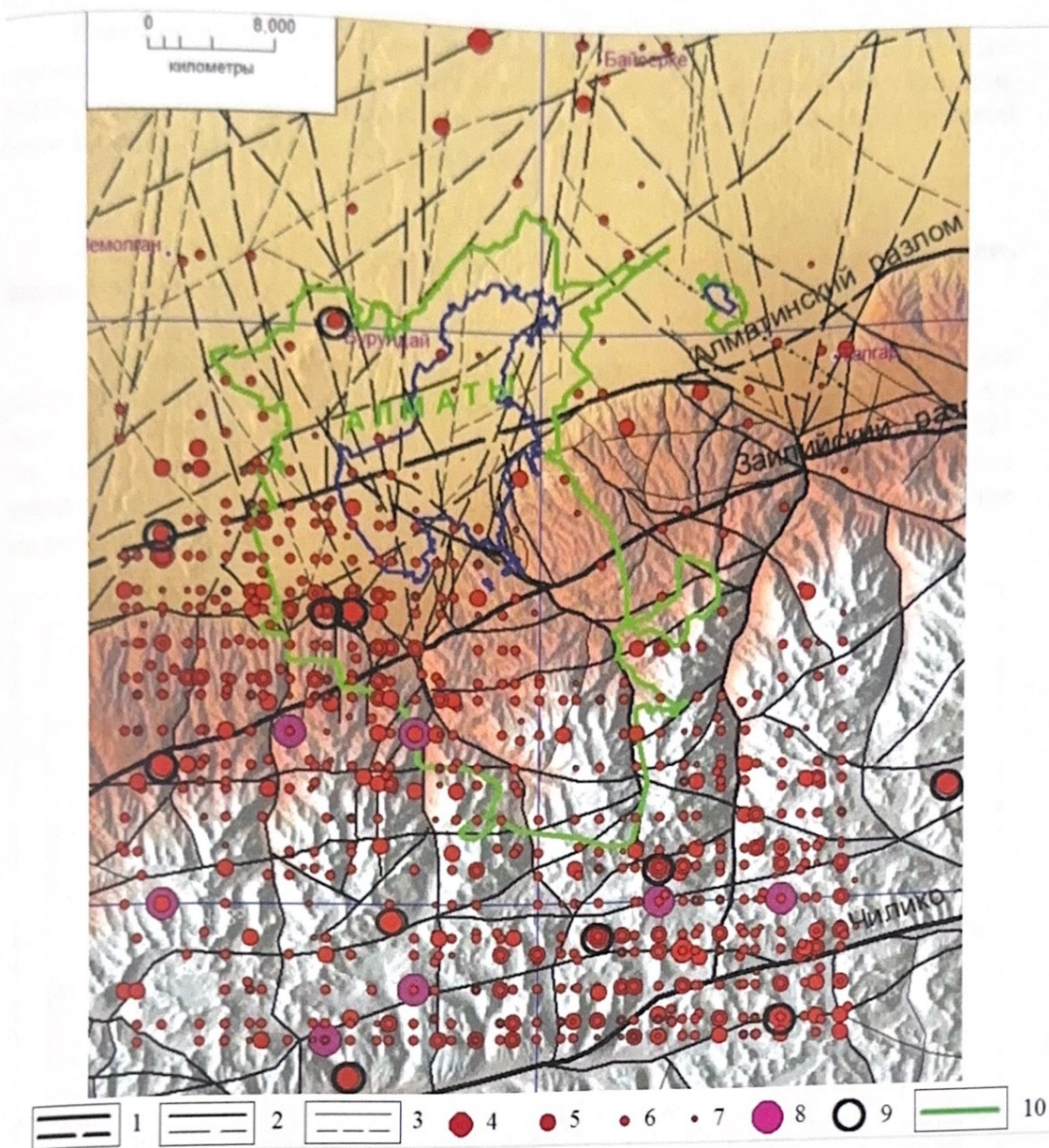


Рисунок 1.2 – Современная сейсмичность (2005-2020 гг.) и тектоника района г. Алматы в контуре 65*75 км на рельефной карте

В соответствии с рисунком 1.2 - 1 – главные разломы; 2–основные разломы; 3 – второстепенные разломы. Эпицентры землетрясений с магнитудой m_{pr} : 4 – с 4 до 4.7; 5 – с 3 до 4; 6 – с 2 до 3; 7 – до 2; 8 – эпицентры сильных землетрясений с исторических времён с магнитудой 5.5 и более; 9 – эпицентры ощутимых землетрясений после 2005 года с записями сильных движений; 10 – современный контур города Алматы.

Природные условия Шымбулака, его горный рельеф, геологическое строение и, самое главное, расположение в зоне активной сейсмотектоники, делают его объектом пристального внимания с точки зрения сейсмической безопасности. Более подробно показано на рисунке 1.2.

1.3.1 Активные разломы и историческая сейсмичность Заилийского Алатау

В соответствии с рисунком 1.3, карта иллюстрирует пространственное распределение эпицентров землетрясений с энергетическим классом $K \geq 11.6$ в Заилийско-Кунгейской зоне, охватывая период с древнейших времен по 2021 год. Изображенные на карте круги разного размера и цвета обозначают эпицентры землетрясений, причем их размер и цвет соответствуют величине энергетического класса K .

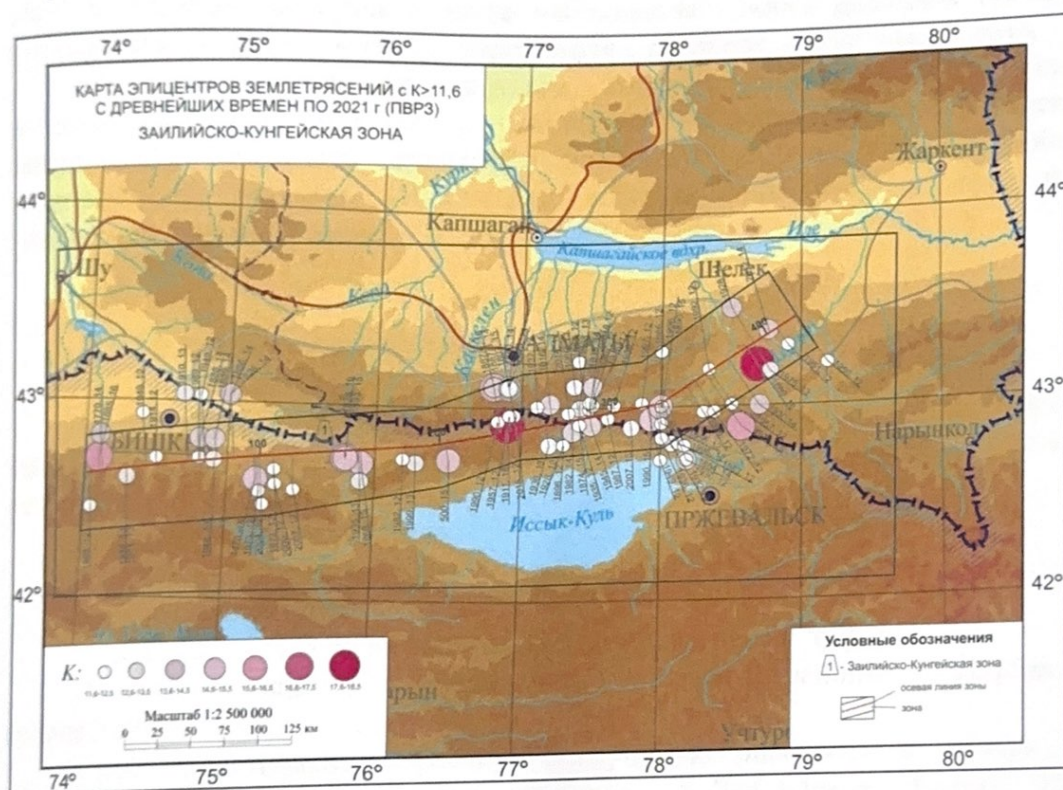


Рисунок 1.3 – Карта эпицентров землетрясений Заилийско-Кунгейской зоны с $K \geq 11.6$

Анализ карты позволяет выделить следующие ключевые аспекты: Концентрация сейсмической активности: Заметна четко выраженная линейная концентрация эпицентров, особенно вдоль оси горной системы, что указывает на приуроченность сейсмической активности к основным

тектоническим разломам. Наибольшее скопление эпицентров наблюдается в районе, расположенном к юго-востоку от Алматы и простирающемся в сторону озера Иссык-Куль и далее на восток.

Распределение по магнитудам: На карте представлены землетрясения с различными энергетическими классами, от $K=11.6$ до $K=18.5$ и выше. Большие по размеру круги (соответствующие более высоким значениям K) указывают на зоны, где происходили наиболее сильные сейсмические события.

Локализация относительно населенных пунктов: Карта позволяет оценить близость эпицентров сильных землетрясений к крупным населенным пунктам, таким как Алматы, Бишкек, Капшагай и Жаркент, что имеет прямое отношение к оценке сейсмического риска для этих городов.

Тектонические границы: Наличие черной рамки на карте, обозначенной в условных обозначениях как "Д-Заилийско-Кунгейская зона" и "осевая линия зоны", указывает на выделенную сеймотектоническую структуру или зону, в пределах которой ведется наблюдение. Линии разломов (тонкие черные линии) также показаны, коррелируя с распределением эпицентров.

Эта карта является важным инструментом для понимания региональной сейсмичности и позволяет наглядно оценить степень сейсмической опасности территории Заилийского Алатау, включая район горнолыжного курорта Шымбулак, который находится в пределах показанной активной зоны.

1.3.2 Влияние селей на сейсмические явления

Сели — это внезапные, кратковременные потоки водно-обломочного материала (вода, камни, глина, песок),двигающиеся по ущельям, горным рекам. Они могут быть вызваны:

- интенсивными дождями,
- быстрым таянием снега,
- землетрясениями,
- деятельностью человека (взрывы, вырубка леса и др.)

В соответствии с рисунком 1.4 показаны районы Казахстана, подверженные сели.

Сели представляют серьезную природную опасность в горных и предгорных районах Казахстана, особенно в Заилийском Алатау. Их разрушительная сила способна уничтожать инфраструктуру, наносить ущерб сельскому хозяйству и представлять угрозу для жизни людей. В целях снижения риска создаются селезащитные плотины, каналы и системы раннего оповещения.

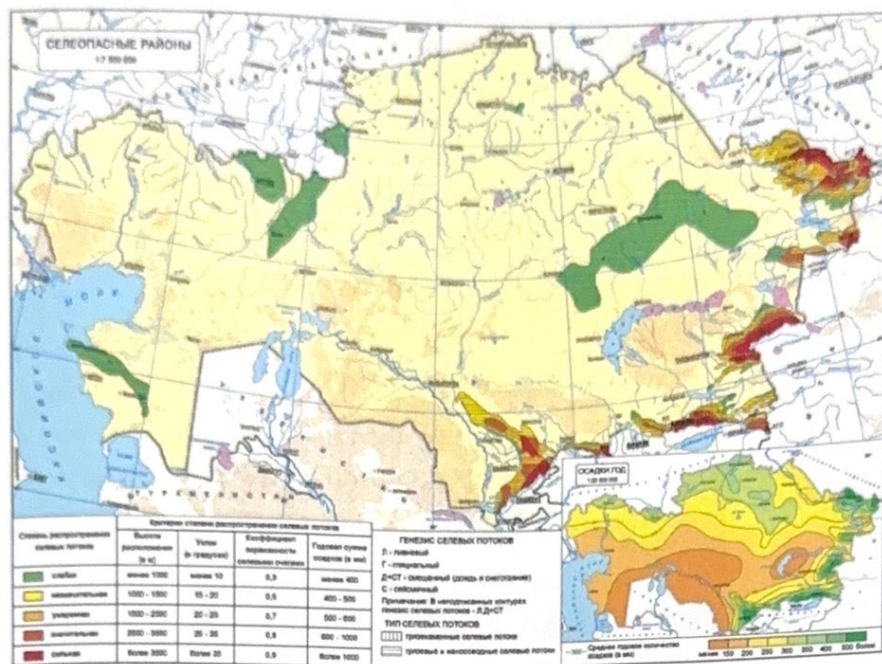


Рисунок 1.4 – Районы Казахстана подверженные сели

Сель в урочище Шымбулак 1921-го года по сей день является крупнейшим.

Все притоки реки Малая Алматинка были заполнены сильным ливнем, а это – Шымбулак, Горельник, Батарейка, Бутаковка, Комиссаровка, Казачка и Сарысай. В соответствии с рисунками 1.5 и 1.6, в результате этого, на реке образовался сильный, сметающий на своем пути буквально всё, а довольно малый промежуток времени с горы было выброшено более 10 миллионов кубических метров селевого потока.

Сель прошел чуть ли не до центра города. От стихии пострадали все, погибло более 500 человек, почти четверть города было сравнено с Землей и залито грязной массой, умерло большое количество скота.



Рисунок 1.5 – Разрушения на нынешней улице им. Динмухамеда Кунаева

На сегодняшний день в рассматриваемом районе необходимо обращать внимание на способы снижения опасности от селей. Отличным примером является монография казахстанского ученого-географа Ахметкала Рахметуллаевича Медеу. В своей монографии он придал большое значение селеопасным зонам, изучив порядок сферы селеобразований. Это важно для сохранности народа и строений.



Рисунок 1.6 – Разрушения на Проспект им. Абая Кунанбаева

В соответствии с рисунком 1.7 показана Карта селеопасности исследуемой территории.

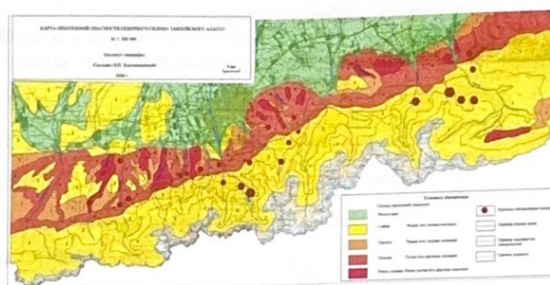


Рисунок 1.7 – Карта селеопасности северного склона Заилийского Алатау

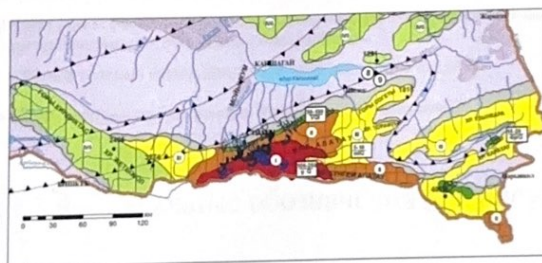


Рисунок 1.8 – Карта типизации селеопасности Иле Алатау (Составили А.Р. Медеу, Н.Ф. Колотилин)

В соответствии с рисунком 1.8 показана карта типизации селеопасности Иле Алатау, а также в соответствии с рисунком 1.9 показаны условные обозначения.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ	
I. КАТЕГОРИЯ СЕЛЕОПАСНОСТИ	
	Зоны весьма высокой степени селеопасности с очаговым зарождением катастрофических селепроваждений: В до 5 и >; Q до 1500; Qextr до 5 000 - 10 000; P-15-20 при Q < 100 и P-2-5 при Q >> 100-500; K до 9-10.
	Зоны потенциально высокой степени селеопасности: В до 1,0; Bextr до 1,5; Q до 500; Q extr до 2000. P < 1 - 2 при Q-500 и >; K-7-8.
	то же, в стадии современной активизации
	Зоны средней степени селеопасности: В до 0,5; Q до 100; P-5-15 при Q < 100; K-6.
Зоны относительно слабой степени селеопасности с преобладанием:	
	селевых паводков: В < 0,5 (чаще < 0,3); Q до 70-80, P до 30-50; K-4-5; Kextr-6
	водных паводков с повышенным твердым стоком: Q водн. до 20-50; Q водн. (extr) > 100 (локально при P-5-10)
	эпизодических проявлений тальвежно-русловых выносов боковых логов (Q < 20)
	Зоны возможного проявления сейсмоселей при сходе сейсмических оплывин: V до 100-500 в случае M до 6,5-7,3 и I ₀ = 9-10
II. ПАРАМЕТРЫ ВОЗМОЖНЫЕ	
В - объемы выносов за один сель (млн. м³); Q - селевые расходы (м³/сек); Qextr - тоже, экстремум (м³/сек); Q водн. - паводковые расходы (м³/сек); P - повторяемость (%); V - возможные объемы сейсмических оплывин (тыс. м³); M - магнитуда землетрясений; I ₀ - сила землетрясений в баллах; K - энергетические классы селевых потоков (K=lgE), где E - кинетическая энергия потоков (Дж)	
III. ТИПЫ СЕЛЕЙ ПО ХАРАКТЕРУ ВОДНОГО ПИТАНИЯ	
	а) гляциальные, б) дождевые
	Смешанного питания: а) гляциальные с участием дождевых; б) дождевые с участием снеговых
IV. ХАРАКТЕРНЫЕ ТИПЫ СЕЛЕВЫХ ОЧАГОВ В СТАДИИ СОВРЕМЕННОЙ АКТИВИЗАЦИИ	
	Термокарстовые, ледникового питания
	Преимущественно склоновые и русловые ливневого и смешанного питания
	Обвалы (а) и оплывины (б), преимущественно сейсмогенные
	Селевые отложения: а) современные; б) древние
V. ПРОЧИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ	
	Неселеопасная территория
	Шлейфы конусов выноса
	Изосейсты и фоновая сейсмичность в баллах
	Мощность в м (числитель) и геолого-генетические типы поверхностных (селеформирующих отложений (знаменатель)
	Основные типовые схемы комплекса противоселевой защиты
	Участки, требующие ускоренных специальных исследований

Рисунок 1.9 – Условные обозначения для рисунка 1.8

В соответствии с рисунком 1.10 показан мониторинг селевой опасности, основывающийся на прогнозировании и анализе характеристик, указывающих на угрозу селевых явлений, постоянном наблюдении за селевыми процессами и своевременном оповещении служб чрезвычайных ситуаций для минимизации ущерба. Ключевыми факторами при мониторинге

селей являются их объем, расход и дальность распространения. Характер селевых отложений определяется геологическими, геоморфологическими, гидрометеорологическими, климатическими и антропогенными факторами.

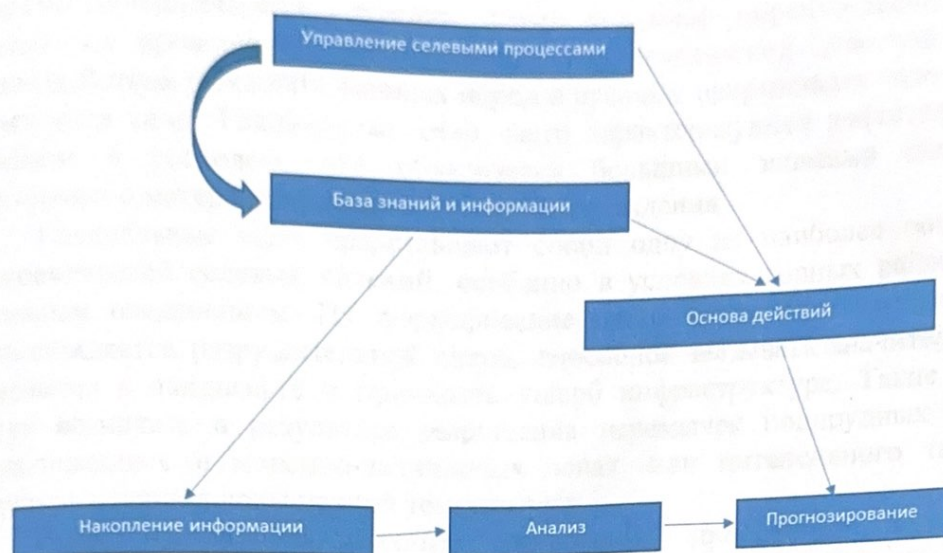


Рисунок 1.10 – Модель управления селевыми процессами

Основными задачами в предотвращении селей являются заблаговременное выявление потенциально опасных озер, сопоставление рисков и их ранжирование. После идентификации критических водоемов учёным предстоит задача по разработке и внедрению адекватных мер для снижения рисков. Мониторинг предоставляет возможность своевременно прогнозировать угрозы. Для обеспечения населения и собственников достаточным временем для принятия спасательных мер необходимо создавать системы предупреждения и реализовывать мероприятия по снижению риска схода селей.

При прогнозировании образования селевого потока, в процессе разжижения и сдвига горных обломочных массивов, опасный уклон определяется исходя из условия равенства сдвигающих и удерживающих сил. В этих случаях применяются методы расчёта устойчивости склонов. [5]

Геологические, геоморфологические, климатические и почвенно-растительные факторы характеризуются медленными изменениями, в то время как гидрометеорологические параметры отличаются наиболее динамичной изменчивостью во времени.

В регионе Иле-Алатау свыше 70% селей имеют ливневое происхождение. Они формируются как в низкогорьях, так и в высокогорьях. Сели, вызванные обильными дождями, представляют особую угрозу в среднегорных зонах. Примером служит сель 1999 года вдоль реки Беделбай,

который привёл к закупорке водоотделителя твёрдыми отложениями, повредил жилые дома и коммуникации.

Особое место среди селей занимают гляциальные сели, формирование которых связано с деятельностью ледников. Их образование не зависит от гидрометеорологической ситуации. Срыв водоёмов моренно-ледниковых комплексов провоцирует возникновение гидрологических паводков. При взаимодействии рыхлообломочных пород в руслах с прорывными паводками образуются сели. Гляциальные сели часто характеризуются значительным объёмом и расходом, что объясняется большими запасами рыхлого обломочного материала и воды в местах их зарождения.

Гляциальные сели представляют собой одну из наиболее опасных разновидностей селевых явлений, особенно в условиях горных районов с активным оледенением. Их формирование часто происходит внезапно и сопровождается разрушительной силой, способной вызывать значительные изменения в ландшафте и причинять ущерб инфраструктуре. Такие сели могут возникать в результате разрушения перемычек подпрудных озёр, расположенных в моренно-ледниковых зонах, или интенсивного таяния ледников в период повышенной температуры.

Вода, насыщенная рыхлым материалом, приобретает большую плотность и разрушительную энергию, что делает поток особенно опасным. Кроме того, гляциальные сели могут повторяться многократно в одном и том же районе, что требует постоянного мониторинга и оценки потенциальных рисков. Особенно уязвимыми являются населённые пункты, расположенные в долинах горных рек, где при прорыве озёр поток достигает больших скоростей и захватывает огромные массы породы.

2. Методология ГИС-анализа и моделирования сейсмической опасности и риска для Шымбулака

2.1 Макросейсмические проявления сильных землетрясений и закономерности затухания интенсивности сотрясений

Алматинская область, расположенная в Центрально-Азиатском сейсмическом поясе, отличается высокой сейсмической активностью и подвержена частым мощным землетрясениям. Особенно это касается горных хребтов Заилийского, Кунгей и Джунгарского Алатау. С 1887 года в регионе произошло более 30 ощутимых и сильных землетрясений, не считая многочисленных афтершоков после самых мощных событий.

Среди них пять землетрясений классифицируются как сейсмические катастрофы, повлекшие за собой крупномасштабные тектонические деформации протяженностью от нескольких до сотен километров: Беловодское (1885 г.), Верненское (1887 г.), Чиликское (1889 г.), Кеминское (1911 г.) и Кемино-Чуйское (1938 г.). В результате этих событий город Алматы дважды был полностью разрушен.

Первое полное разрушение Алматы (тогда Верного) произошло 8 июня 1887 года после Верненского землетрясения с магнитудой $M=7.3$ и интенсивностью $I_0=9-10$ баллов. Эпицентр находился в горах Заилийского Алатау, в 15 км от города. Землетрясению предшествовал форшок интенсивностью около 5 баллов, а через 5 минут после подземного гула начались сильные толчки, вызвавшие обрушение штукатурки, печей, потолков и стен [9].

Наибольшие разрушения зафиксированы в Верном и окрестных населенных пунктах, где 1798 из 1799 кирпичных зданий были повреждены или разрушены. Погибло 322 человека, у 7 человек отмечены психические расстройства, а общий ущерб составил около 2 миллионов царских рублей. Интенсивность сотрясений в затронутом районе варьировалась от 9 баллов на юге до 7 баллов на севере. Зона распространения землетрясения охватывала более 1 миллиона км², простираясь от Сергиополя (Аягуз) на севере до Кашгара на юге, и от Ташкента на западе до Урумчи на востоке.

Эпицентральная область, представлявшая собой узкую полосу длиной около 35 км, располагалась на северном склоне Заилийского Алатау от Котур-Булака до Аксая. Размягченные предшествующими ливнями рыхлые породы обрушались с крутых склонов ущелий, образуя грязевые потоки, которые перекрывали реки, а затем, прорывая образовавшиеся за 2-3 дня плотины, неслись вниз, сметая все на своем пути.

Размеры оплывин были колоссальными; например, оплывина в Прямой щели достигала 40 м в высоту, 500 м в ширину и около 10 км в длину, а объем другой оплывины в долине Аксая достиг 1 млн м³. Помимо грязевых потоков, формировались крупные обвалы и сбросы в гранитах, один из которых заполнил долину Ак-Джар на высоту 50-60 м. Землетрясение

сопровождалось многочисленными афтершоками, которых за семь месяцев 1887 года было зафиксировано около 250.

Чиликское землетрясение ($M=8.3$, $J_0=10$ баллов) произошло 11 июля 1889 года. Его плейстосейстовая область охватывала восточные части хребтов Заилийский и Кунгей Алатау, простираясь от реки Или до побережья озера Иссык-Куль. На Иссык-Куле образовалась огромная волна, затопившая западное побережье на значительное расстояние, а реки Тюп и Джергелан изменили свое русло из-за обвалов. Наиболее сильные сотрясения (до 9 баллов) ощущались в Уйтале, Сазоновке (Ананьево), Преображенске (Тюп), Каркаре, Чилике, Маловодном, Тургене и других населенных пунктах, где было разрушено около 3000 построек. Землетрясение ощущалось на обширной территории, с 7-балльной изосейстой площадью около 160 тыс. км². Оно было ощутимо на расстоянии более 800 км (около 4 баллов) в таких городах, как Каркаралинск, Павлодар, Омск, и сопровождалось множеством афтершоков, некоторые из которых ощущались и в Верном.

Одна из сильнейших катастроф Центральной Азии – Кеминское землетрясение ($M=8.2$, $J_0=10-11$ баллов) – произошла 3 января 1911 года.

Наибольшая интенсивность ощущалась в долине Большого Кемина, а также в Сазоновке, Уйтале, Джиль-Арыке и Верном, где сотрясения достигали 9 и более баллов. Жертвами стали около 500 человек, а в Верном было разрушено 776 кирпичных зданий. В эпицентральной зоне сформировались разрывные системы общей длиной до 200 км с запада на восток. В долине Большого Кемина произошли колоссальные обвалы, например, каменный обвал в Чон-Каинды высотой более 400 м. Разрывы и надвиги также наблюдались на побережье Иссык-Куля и, в меньшем масштабе, на северной окраине Верного, где вертикальные смещения достигали 3 м и более. Землетрясение ощущалось на огромной территории: в Омске, Томске, Кокчетаве ощущалось качание висячих предметов (на расстоянии свыше 1000 км), а в некоторых районах Центральной России останавливались маятниковые часы. Как и предыдущие, Кеминское землетрясение сопровождалось многочисленными афтершоками, более 300 из которых ощущались в Верном в первые шесть месяцев [8].

Кемино-Чуйское землетрясение ($M=6.9$, $J_0=8-9$ баллов) произошло 20 июня 1938 года. Его эпицентр, определенный инструментальными и макросейсмическими методами, располагался на стыке Киргизского хребта и Кунгей Алатау, в устье реки Кемин. Плейстосейстовая область, охватывающая небольшой участок вдоль реки Большой Кемин от Кызыл-Байрака до станции Джиль-Арык, примыкала с запада к эпицентральной зоне Кеминского землетрясения 1911 года. Сила сотрясения в указанных пунктах достигала 8 баллов и более; в колхозе Кызыл-Байрак землетрясение было настолько сильным, что его решили перенести. С такой же интенсивностью оно ощущалось в поселках Лесозавод и Автостанция. В плейстосейстовой области наблюдались значительные растрескивания почвы, обвалы и оползни. Область распространения землетрясения была относительно велика,

охватывая территории к северу от Балхаша, северо-востоку от Лепсинска, востоку от Пржевальска и Нарына, юго-западу от Андижана и западу от Ташкента. В Алматы сила сотрясений достигала 5-6 баллов, а на Капчагае – 5 баллов. По данным с истории землетрясений МОН РК была составлена карта с рисунком 2.1 [7].

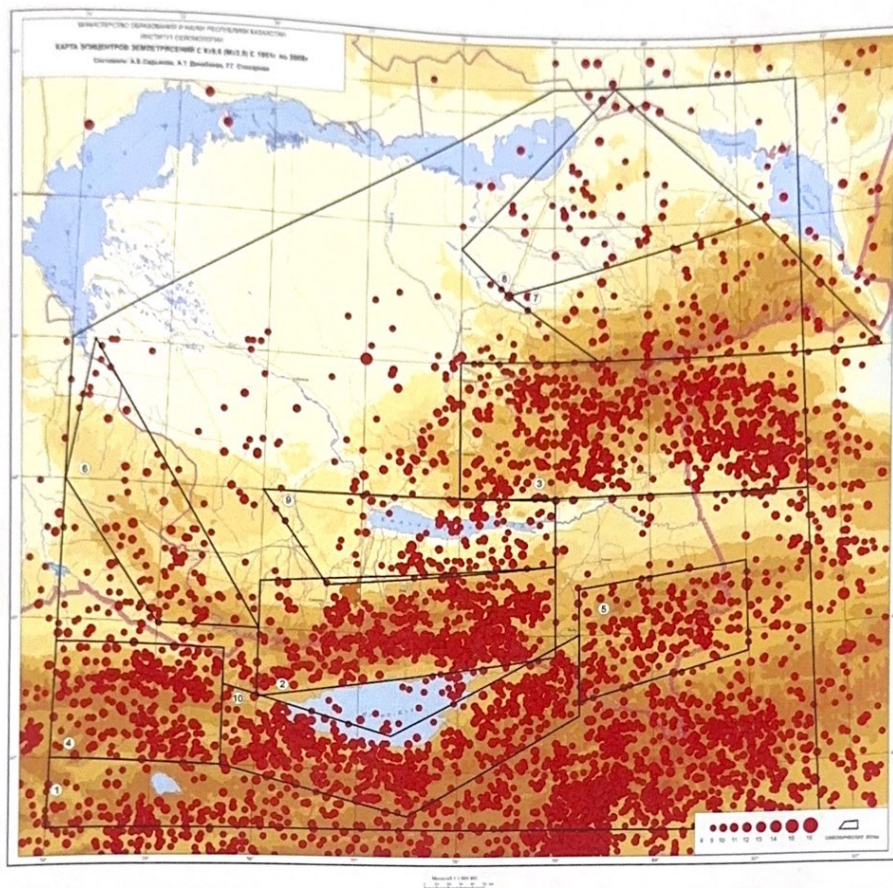


Рисунок 2.1 – Карта эпицентров землетрясений с $K \geq 8,6$ ($M \geq 2,5$) с 1951 г. по 2008 г.

2.2 Карты изосейст сильных землетрясений

Карты изосейст — это специальные сейсмологические карты, на которых отображаются линии равной интенсивности сотрясения земли при сильных землетрясениях. Эти линии называются изосейстами. В соответствии с рисунком 2.2 показаны изосейсты.

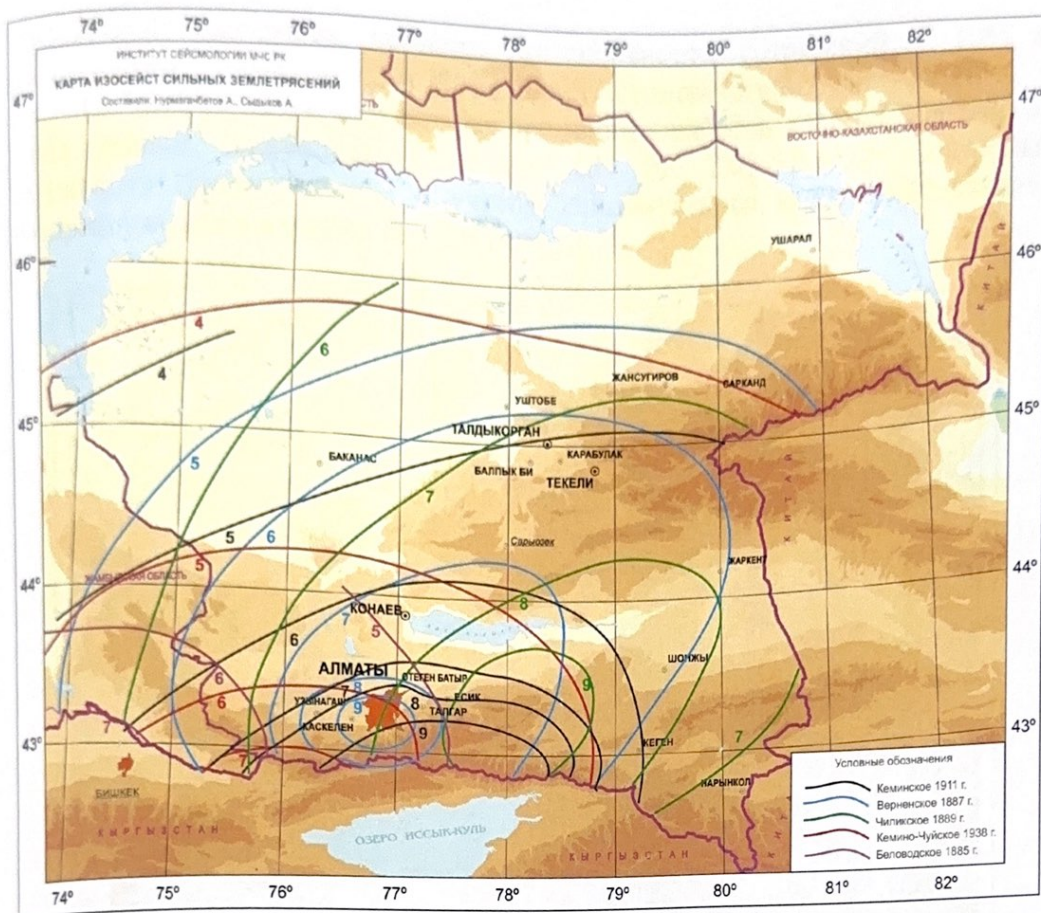


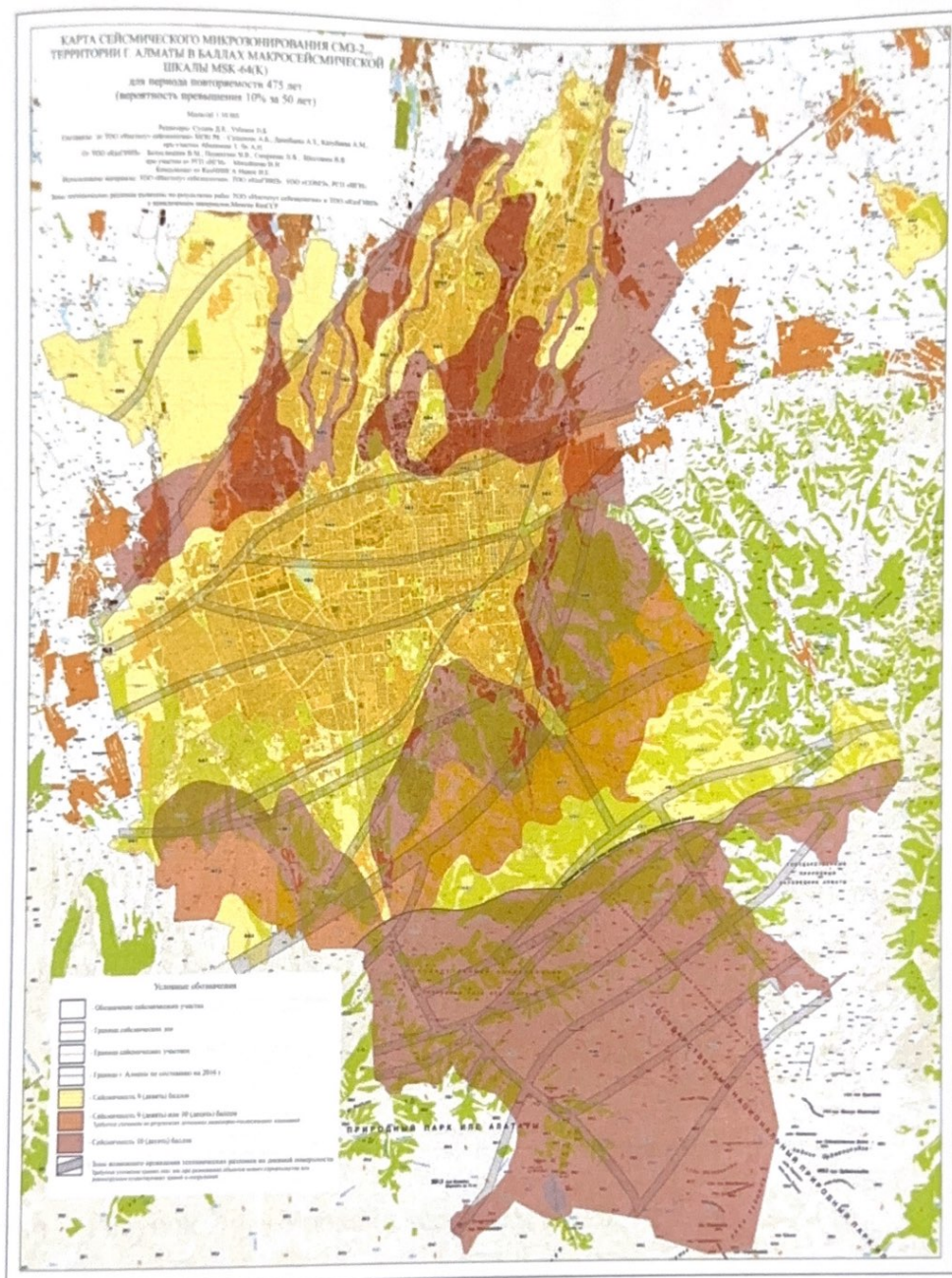
Рисунок 2.2 – Карта изосейст сильных землетрясений

Собранная и систематизированная информация о произошедших на территории сильных и ощутимых землетрясениях, позволила построить схемы изосейст сильных землетрясений, показанная на рисунке 2.2. Эпицентры некоторых сильных землетрясений находятся за пределами Алматинской области, в соседних сейсмогенных структурах, однако на территории региона они проявились с интенсивностью 4 и более баллов. Схемы изосейст этих землетрясений по районам их проявления объединены в 5 групп: 1 группа – Беловодское 1885 г., Верненское 1887 г., Чиликское 1889 г., Кеминское 1911 г. и Кемино-Чуйское 1938 г.;

2.3 Классификация и категорирование объектов по степени уязвимости к сейсмическим воздействиям

Представлены карты СМЗ для территории г. Алматы в баллах макросейсмической шкалы MSK-64(K) для двух уровней вероятности

По этим картам к настоящему времени разработан в АО «КазНИИСА» Свод правил Республики Казахстан СП РК 2.03-31-2020 «Застройка территории города Алматы с учетом сейсмического микрозонирования», который уже используются на практике.



30

2.4 Сбор данных для составления ВЕБ – сайта, с демонстрацией исторических землетрясений

В соответствии с рисунками 2.5 и 2.6 для данной диссертационной работы были получены в ТОО «Национальный научный центр сейсмологических наблюдений и исследований», у уполномоченного сотрудника – Данабаевой Айгуль Тулебаевны - заведующей лабораторией региональной сейсмичности.

В ТОО «Национальный научный центр сейсмологических наблюдений и исследований» в следствии официального запроса из университета мною были получены данные об исторических землетрясениях (8846 зафиксированных землетрясений) в табличном Excel формате. В соответствии с рисунками 2.5 и 2.6.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO	BP	BQ	BR	BS	BT	BU	BV	BW	BX	BY	BZ	CA	CB	CC	CD	CE	CF	CG	CH	CI	CJ	CK	CL	CM	CN	CO	CP	CQ	CR	CS	CT	CU	CV	CW	CX	CY	CZ	DA	DB	DC	DD	DE	DF	DG	DH	DI	DJ	DK	DL	DM	DN	DO	DP	DQ	DR	DS	DT	DU	DV	DW	DX	DY	DZ	EA	EB	EC	ED	EE	EF	EG	EH	EI	EJ	EK	EL	EM	EN	EO	EP	EQ	ER	ES	ET	EU	EV	EW	EX	EY	EZ	FA	FB	FC	FD	FE	FF	FG	FH	FI	FJ	FK	FL	FM	FN	FO	FP	FQ	FR	FS	FT	FU	FV	FW	FX	FY	FZ	GA	GB	GC	GD	GE	GF	GG	GH	GI	GJ	GK	GL	GM	GN	GO	GP	GQ	GR	GS	GT	GU	GV	GW	GX	GY	GZ	HA	HB	HC	HD	HE	HF	HG	HH	HI	HJ	HK	HL	HM	HN	HO	HP	HQ	HR	HS	HT	HU	HV	HW	HX	HY	HZ	IA	IB	IC	ID	IE	IF	IG	IH	II	IJ	IK	IL	IM	IN	IO	IP	IQ	IR	IS	IT	IU	IV	IW	IX	IY	IZ	JA	JB	JC	JD	JE	JF	JG	JH	JI	IJ	JK	JL	JM	JN	JO	JP	JQ	JR	JS	JT	JU	JV	JW	JX	JY	JZ	KA	KB	KC	KD	KE	KF	KG	KH	KI	KJ	KK	KL	KM	KN	KO	KP	KQ	KR	KS	KT	KU	KV	KW	KX	KY	KZ	LA	LB	LC	LD	LE	LF	LG	LH	LI	LJ	LK	LL	LM	LN	LO	LP	LQ	LR	LS	LT	LU	LV	LW	LX	LY	LZ	MA	MB	MC	MD	ME	MF	MG	MH	MI	MJ	MK	ML	MM	MN	MO	MP	MQ	MR	MS	MT	MU	MV	MW	MX	MY	MZ	NA	NB	NC	ND	NE	NF	NG	NH	NI	NJ	NK	NL	NM	NN	NO	NP	NQ	NR	NS	NT	NU	NV	NW	NX	NY	NZ	OA	OB	OC	OD	OE	OF	OG	OH	OI	OJ	OK	OL	OM	ON	OO	OP	OQ	OR	OS	OT	OU	OV	OW	OX	OY	OZ	PA	PB	PC	PD	PE	PF	PG	PH	PI	PJ	PK	PL	PM	PN	PO	PP	PQ	PR	PS	PT	PU	PV	PW	PX	PY	PZ	QA	QB	QC	QD	QE	QF	QG	QH	QI	QJ	QK	QL	QM	QN	QO	QP	QR	QS	QT	QU	QV	QW	QX	QY	QZ	RA	RB	RC	RD	RE	RF	RG	RH	RI	RJ	RK	RL	RM	RN	RO	RP	RQ	RR	RS	RT	RU	RV	RW	RX	RY	RZ	SA	SB	SC	SD	SE	SF	SG	SH	SI	SJ	SK	SL	SM	SN	SO	SP	SQ	SR	SS	ST	SU	SV	SW	SX	SY	SZ	TA	TB	TC	TD	TE	TF	TG	TH	TI	TJ	TK	TL	TM	TN	TO	TP	TQ	TR	TS	TT	TU	TV	TW	TX	TY	TZ	UA	UB	UC	UD	UE	UF	UG	UH	UI	UJ	UK	UL	UM	UN	UO	UP	UQ	UR	US	UT	UU	UV	UW	UX	UY	UZ	VA	VB	VC	VD	VE	VF	VG	VH	VI	VJ	VK	VL	VM	VN	VO	VP	VQ	VR	VS	VT	VU	VV	VW	VX	VY	VZ	WA	WB	WC	WD	WE	WF	WG	WH	WI	WJ	WK	WL	WM	WN	WO	WP	WQ	WR	WS	WT	WU	WV	WW	WX	WY	WZ	XA	XB	XC	XD	XE	XF	XG	XH	XI	XJ	XK	XL	XM	XN	XO	XP	XQ	XR	XS	XT	XU	XV	XW	XX	XY	XZ	YA	YB	YC	YD	YE	YF	YG	YH	YI	YJ	YK	YL	YM	YN	YO	YP	YQ	YR	YS	YT	YU	YV	YW	YX	YZ	ZA	ZB	ZC	ZD	
1	704	1	1	0	1	1	42.7	77.5	20	15.1	8.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										</																																																																																																																																																		

Рисунок 2.5 – Строки 1-29 полученных данных

[illegible]

Рисунок 2.6 – Строки 8819-8847 полученных данных

Таблица содержит в себе следующие данные:

- Дата землетрясения с точностью до секунд
- Широта и долгота очага землетрясения
- Глубина очага землетрясения
- Энергетический класс землетрясения
- Магнитуда землетрясения

3. Результаты исследования, их практическое применение и рекомендации по снижению сейсмического риска

3.1 Написание кода для отображения информации об исторических землетрясениях на сайте

3.1.1 Подготовка данных. Преобразование xlsx таблицы в json с расчетом приблизительных радиусов распространения землетрясений

Преобразование данных из Excel-файла формата .xlsx в формат JSON — это распространённый шаг при подготовке данных для анализа, веб-разработки или работы с API.

```
calculate_affecting_earthquakes.py > ...
import json
import math
from datetime import datetime

# Данные о радиусах распространения землетрясений
SEISMIC_RADIUS_DATA = {
    "seismic_radius_data": [
        {
            "depth_range": "0-10 km",
            "description": "Поверхностные землетрясения (локальные, но интенсивные)",
            "magnitude_ranges": [
                {"min": 2.0, "max": 3.0, "radius_km": 3},
                {"min": 3.0, "max": 4.0, "radius_km": 15},
                {"min": 4.0, "max": 5.0, "radius_km": 40},
                {"min": 5.0, "max": 6.0, "radius_km": 100},
                {"min": 6.0, "max": 7.0, "radius_km": 250},
                {"min": 7.0, "max": 8.0, "radius_km": 500},
                {"min": 8.0, "max": 9.0, "radius_km": 1000}
            ]
        },
        {
            "depth_range": "10-70 km",
            "description": "Среднефокусные землетрясения (баланс интенсивности и распространения)",
            "magnitude_ranges": [
                {"min": 3.0, "max": 4.0, "radius_km": 25},
                {"min": 4.0, "max": 5.0, "radius_km": 60},
                {"min": 5.0, "max": 6.0, "radius_km": 150},
                {"min": 6.0, "max": 7.0, "radius_km": 350},
                {"min": 7.0, "max": 8.0, "radius_km": 700},
                {"min": 8.0, "max": 9.0, "radius_km": 1200}
            ]
        },
        {
            "depth_range": "70-300+ km",
            "description": "Глубокие землетрясения (слабее на поверхности, но шире распространение)",
            "magnitude_ranges": [
                {"min": 4.0, "max": 5.0, "radius_km": 150},
                {"min": 5.0, "max": 6.0, "radius_km": 400},
                {"min": 6.0, "max": 7.0, "radius_km": 800},
                {"min": 7.0, "max": 8.0, "radius_km": 1500},
                {"min": 8.0, "max": 9.0, "radius_km": 3000}
            ]
        }
    ]
}
```

Рисунок 3.1 – Данные о радиусах распространения землетрясений

Проведена подготовка данных по соотношению типов землетрясений, их магнитуд и радиусами распространения в соответствии с рисунком 3.1.

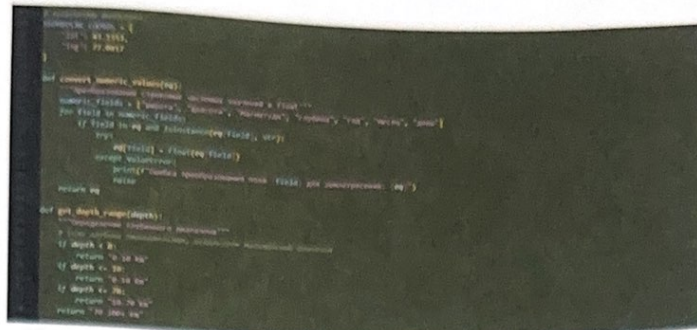


Рисунок 3.2 – Преобразование строковых числовых значений типа «text» в тип «float» и определение глубины очага.

В соответствии с рисунком 3.2 были добавлены функции:

- Функция преобразования числовых значений в формат для работы
- Функция определения типа землетрясения по глубинному диапазону
- Функция определения радиуса распространения по магнитуде и глубине

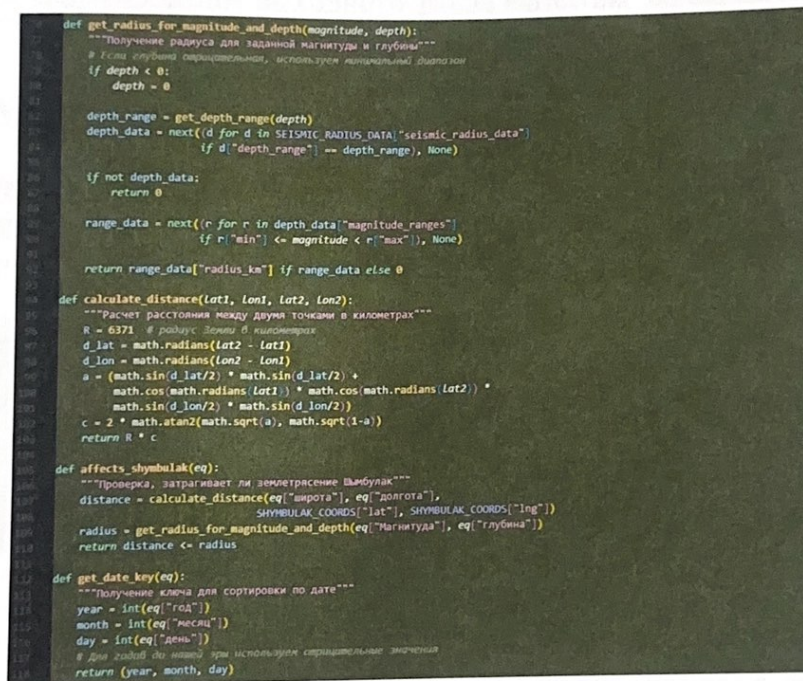


Рисунок 3.3 – Интеграция полученных значений и проверка, есть ли воздействие на Шымбулак

В соответствии с рисунком 3.3 была добавлена функция расчета расстояния между двумя точками.


```

def main():
    # Open source file with data
    with open('earthquakes.json', 'r', encoding='utf-8') as f:
        earthquake_data = json.load(f)

    # Transform numerical values to date
    earthquake_data = [convert_numerical_values(eq) for eq in earthquake_data]

    # Remove earthquakes, supercluster Shymbulak
    affecting_earthquakes = [eq for eq in earthquake_data if affects_shymbulak(eq)]

    # Sort earthquakes by date in descending order
    affecting_earthquakes.sort(key=get_date_key, reverse=True)

    # Calculate distance from Shymbulak
    processed_earthquakes = []
    for eq in affecting_earthquakes:
        distance = calculate_distance(eq['lon'], eq['lat'], shymbulak_coords['lon'], shymbulak_coords['lat'])
        radius = get_radius_for_magnitude_and_depth(eq['magnitude'], eq['depth'])

        processed_eq = eq.copy()
        processed_eq.update({
            'distance_to_shymbulak': round(distance, 1),
            'radius_km': radius,
            'depth_range': get_depth_range(eq['depth'])
        })
        processed_earthquakes.append(processed_eq)

    # Transform processed data to json
    with open('affecting_earthquakes.json', 'w', encoding='utf-8') as f:
        json.dump(processed_earthquakes, f, ensure_ascii=False, indent=2)

```

Рисунок 3.4 – Преобразование числовых значений в дату, добавление сортировки по дате, сохранение преобразованных данных в JSON файл

В соответствии с рисунком 3.4 были добавлены функции:

- Функция расчета затрагивания землетрясением Шымбулак
- Функция приведения дат
- Формирование выходного файла «affecting_earthquakes.json»

3.1.2 Архитектура приложения

Архитектура приложения — это структурированное описание того, как устроено программное приложение, из каких основных компонентов оно состоит и как они взаимодействуют между собой.

```

# javascript

// Глобальные переменные для управления состоянием
let map; // Объект карты
let markers = []; // Массив маркеров землетрясений
let earthquakeData = []; // Массив данных о землетрясениях
let affectingEarthquakes = []; // Землетрясения, затрагивающие Шымбулак
let magnitudeChart; // График распределения по магнитуде
let depthChart; // График распределения по глубине
let energyChart; // График распределения по энергетическому классу

```

Рисунок 3.5 – Логика работы приложения

При написании кода важно соблюдать последовательность действий. Как видно на рисунке 3.5 – карта должна быть Open Street Map. Массивы землетрясений должны быть определены маркерами, у каждого маркера должна быть информация, дата и другие данные. Так же необходим парсинг землетрясений, которые влияют на необходимую зону – Шымбулак. Сделаны графики для фильтрации землетрясений по магнитуде, глубине и

энергетическому классу. Таким образом я обозначил все необходимые данные, которые будут браться из файла «affecting_earthquakes.json» [6].

3.1.3 Загрузка и обработка данных

Для загрузки и обработки данных была создана отдельная ветвь в коде.

```
JS javascript
async function loadData() {
  const response = await fetch('earthquakes_with_zones.json');
  earthquakeData = await response.json();
}
```

Рисунок 3.6 – Приложение загружает данные из JSON-файла и выполняет их предварительную обработку

Благодаря коду в соответствии с рисунком 3.6 - приложение загружает данные из JSON-файла и выполняет их предварительную обработку.

3.1.4 Визуализация на карте

Для визуализации использована интеграция с Open Street Map.

```
JS javascript
function updateMap(data = earthquakeData) {
  data.forEach(eq => {
    const marker = L.circleMarker([eq.широта, eq.долгота], {
      radius: eq.Магнитуда * 2,
      fillColor: getColorByMagnitude(eq.Магнитуда),
      color: 'ffff',
      weight: 1,
      opacity: 1,
      fillOpacity: 0.8
    });

    // Добавление всплывающего окна с информацией
    marker.bindPopup(`
      <div class="earthquake-popup">
        <h3>Землетрясение</h3>
        <div class="popup-section">
          <strong>Дата:</strong> ${eq.год}-${eq.месяц}-${eq.день}<br>
          <strong>Магнитуда:</strong> ${eq.Магнитуда}<br>
          <strong>Глубина:</strong> ${eq.глубина} км<br>
          <strong>Энергетический класс:</strong> ${energyClass.toFixed(1)}<br>
          <strong>Расстояние до Шымбулака:</strong> ${distance.toFixed(1)} км
        </div>
      </div>
    `);
  });
}
```

Рисунок 3.7 – Реализована интерактивная карта с маркерами землетрясений и зонами их воздействия

Код в соответствии с рисунком 3.7 является частью интерактивной веб-карты, которая визуализирует данные о землетрясениях. Он динамически создает круговые маркеры на основе географических координат и магнитуды каждого землетрясения, окрашивает их в зависимости от магнитуды и привязывает всплывающие окна с детальной информацией (дата, магнитуда, глубина, энергетический класс, расстояние до Шымбулака) к каждому маркеру. Это позволяет пользователям визуально исследовать распределение землетрясений и получать подробные сведения о каждом из них. Наличие информации о "расстоянии до Шымбулака" в попапе указывает на специфическую направленность этой карты на анализ сейсмичности вблизи данного курорта.

3.1.5 Фильтрация и анализ данных

Для фильтрации и анализа данных были добавлены постоянные, для дальнейшей работы скрипта.

```
js javascript
function applyFilters() {
  const yearFrom = parseInt(document.getElementById('dateFrom')?.value || -250);
  const yearTo = parseInt(document.getElementById('dateTo')?.value || new Date().getFullYear());
  const magnitudeFrom = parseFloat(document.getElementById('magnitudeFrom')?.value || 0);
  const magnitudeTo = parseFloat(document.getElementById('magnitudeTo')?.value || 10);
  const shymbulakFilter = document.getElementById('shymbulakFilter')?.checked;

  let filteredData = [...earthquakeData];

  // Фильтрация по году
  filteredData = filteredData.filter(eq =>
    eq.год >= yearFrom && eq.год <= yearTo
  );

  // Фильтрация по магнитуде
  filteredData = filteredData.filter(eq =>
    eq.Магнитуда >= magnitudeFrom && eq.Магнитуда <= magnitudeTo
  );

  // Фильтрация по воздействию на Шымбулак
  if (shymbulakFilter) {
    filteredData = filteredData.filter(eq => eq.affects_shymbulak === true);
  }
}
```

Рисунок 3.8 – Реализована система фильтрации данных по различным параметрам - год, магнитуда, воздействие на Шымбулак

Код в соответствии с рисунком 3.8 является частью интерактивного веб-приложения, которое позволяет пользователям динамически фильтровать данные о землетрясениях. Пользователь может задавать диапазоны дат (год), диапазоны магнитуд и выбирать, отображать ли только те землетрясения, которые влияют на Шымбулак. Функция `applyFilters()` собирает эти критерии из HTML-элементов и последовательно применяет их к исходному набору данных, уменьшая его до релевантной подборки. Результатом работы этой

функции является отфильтрованный массив данных `filteredData`, который затем, вероятно, используется для обновления отображения на карте или в таблице, чтобы показать только соответствующие землетрясения.

3.1.6 Визуализация статистики

Для визуализации статистики на сайте были взяты постоянные данные, и созданы графики распределения.

Код также подразумевает наличие аналогичных графиков для других параметров, таких как глубина и энергетический класс землетрясений.

Это позволяет пользователям наглядно анализировать характеристики сейсмических событий.

```
js javascript

function updateCharts(data = earthquakeData) {
  // График распределения по магнитуде
  const magnitudeData = getMagnitudeDistribution(data);
  magnitudeChart = new Chart(magnitudeCtx, {
    type: 'bar',
    data: {
      labels: magnitudeData.labels,
      datasets: [{
        label: 'Количество землетрясений',
        data: magnitudeData.values,
        backgroundColor: 'rgba(13, 110, 253, 0.5)'
      }]
    }
  });

  // Аналогично для графиков глубины и энергетического класса
}
```

Рисунок 3.9 – Реализованы графики для анализа распределения землетрясений

В соответствии с рисунком 3.9 показан код, который реализует функционал для визуализации статистических данных о землетрясениях в виде интерактивных графиков. В частности, показана часть кода, отвечающая за построение столбчатой диаграммы распределения землетрясений по магнитуде. Функция `updateCharts()` подготавливает данные для графика, используя вспомогательную функцию `getMagnitudeDistribution()`, а затем создает или обновляет объект `Chart.js` для отображения этих данных. В итоге, благодаря этому коду мы получаем интеграцию статистических данных в интерактивные графики.

3.1.7 Интерактивный список землетрясений

Для импорта списка землетрясений был сделан интерактивный список.

```
function updateEarthquakeList(data) {
  let sortedData = [...data];
  switch (currentSort) {
    case 'date':
      sortedData.sort((a, b) => {
        const dateA = new Date(a.год, a.месц - 1, a.день);
        const dateB = new Date(b.год, b.месц - 1, b.день);
        return dateB - dateA;
      });
      break;
    case 'magnitude':
      sortedData.sort((a, b) => b.Магнитуда - a.Магнитуда);
      break;
    case 'distance':
      sortedData.sort((a, b) => a.distance_to_shymbulak - b.distance_to_shymbulak);
      break;
  }
}
```

Рисунок 3.10 – Реализован интерактивный список землетрясений с возможностью сортировки

Код в соответствии с рисунком 3.10 представляет собой функцию, которая обеспечивает динамическую сортировку списка землетрясений на основе выбранного пользователем критерия (дата, магнитуда или расстояние до Шымбулака). Функция принимает исходные данные о землетрясениях, создает их копию и применяет соответствующий алгоритм сортировки в зависимости от переменной currentSort. В результате получается отсортированный массив данных, который затем, вероятно, используется для обновления отображения списка землетрясений в пользовательском интерфейсе. Это значительно повышает интерактивность и удобство анализа данных для пользователя.

3.2 Размещение полученного скрипта на ВЕБ – хостинг и присвоение доменного имени

В соответствии с рисунком 3.11 на портале «ps.kz» был приобретен хостинг и доменное имя «yoowi.kz»

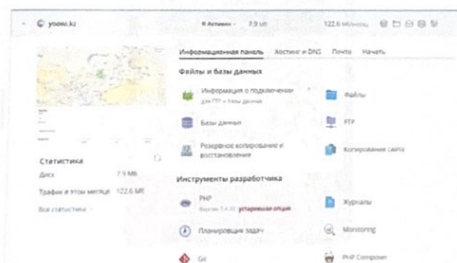


Рисунок 3.11 – Информационная панель ВЕБ – сайта

В соответствии с рисунком 3.12 в менеджер файлов были загружены следующие файлы:

- earthquakes_with_zones.json – текстовый формат обмена данными, JavaScript файл.

- index.html – HTML (от английского HyperText Markup Language) язык гипертекстовой разметки текста. Он нужен, чтобы размещать на веб-странице элементы: текст, картинки, таблицы и видео. Когда вы заходите на сайт, браузер подгружает HTML-файл с информацией о структуре и контенте веб-страницы.

- script.js – текстовый файл, который используется для обслуживания кода на языке программирования JavaScript.

- styles.css – формальный язык декорирования и описания внешнего вида документа (веб-страницы)

Менеджер файлов для yoowi.kz

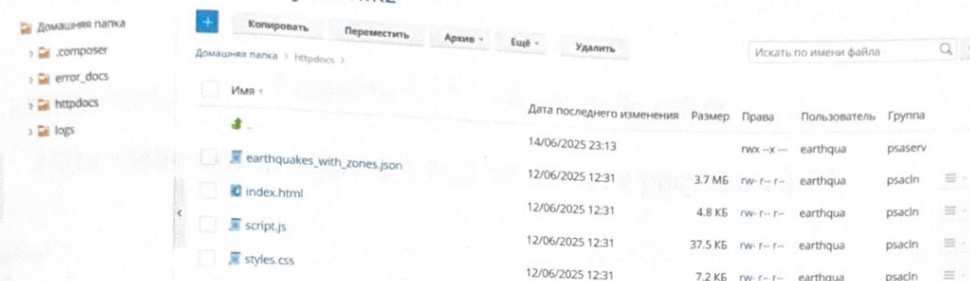


Рисунок 3.12 – Менеджер файлов хостинга

3.3 Обзор ВЕБ – приложения

Для перехода на портал в соответствии с рисунком 3.13 был создан QR код.



Рисунок 3.13 – QR код для перехода на сайт

Сайт uoowi.kz, на который можно перейти по QR коду, в соответствии с рисунком 3.13 представляет собой интерактивную ВЕБ – карту землетрясений с возможностью выборки фильтрации и воздействия на Шымбулак.

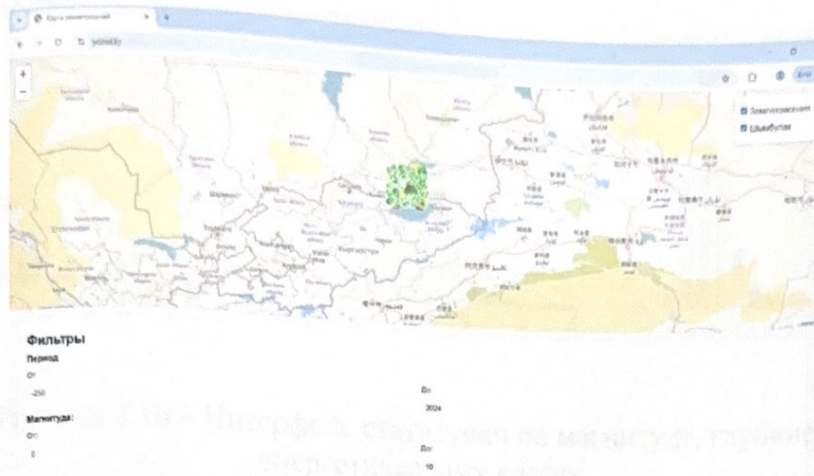


Рисунок 3.14 – Интерфейс сайта

Интерфейс сайта показан в соответствии с рисунком 3.14.

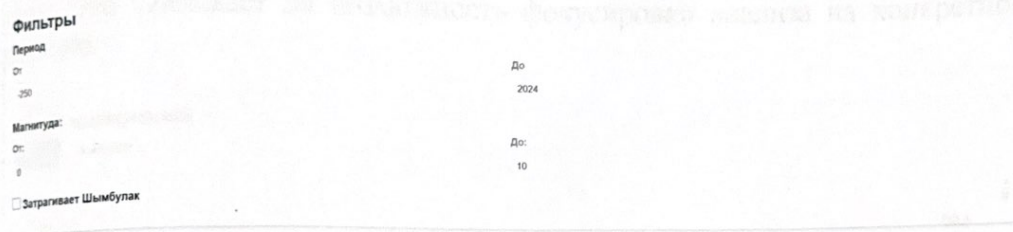


Рисунок 3.15 – Возможность настройки фильтров

Отображает карту, на которой маркерами показаны эпицентры землетрясений. Каждый маркер кликабельный, и несет в себе информацию (магнитуда, дата, класс, принадлежность к Шымбулаку). Имеет панель фильтров в нижней части страницы. Интерфейс фильтров можно увидеть в соответствии с рисунком 3.15. Эти фильтры позволяют пользователю уточнять отображаемые данные:

Период (от и до): Позволяет выбрать временной диапазон для землетрясений до 2024 года.

Магнитуда (от и до): Позволяет установить диапазон магнитуд землетрясений, от 0 до 10 баллов.



Рисунок 3.16 – Интерфейс статистики по магнитуде, глубине и энергетическому классу

В соответствии с рисунком 3.16 можно увидеть интерфейс статистики по магнитуде, глубине и энергетическому классу.

На карте можно также включать/выключать отображение "Землетрясений" и "Шымбулака" с помощью чекбоксов в правом верхнем углу. Это указывает на возможность фокусировки анализа на конкретном регионе.

Список землетрясений

По дате По магнитуде

Дата	Глубина, км	Расстояние до Шымбулака, км	Радиус зоны, км	Магнитуда
• 2024-7-31	10 км	22.5 км	0 км	M0.9
• 2024-7-30	15 км	12.7 км	0 км	M0.4
• 2024-7-30	5 км	35 км	0 км	M0.8
• 2024-7-29	5 км			M0.6

Рисунок 3.17 – Выпадающий список землетрясений (сортировка по дате)

Реализована возможность включить фильтрацию по дате, от нового к старым, как показано в соответствии с рисунком 3.17.

По дате

1911-1-3
Глубина: 25 км
Расстояние до Шымбутова: 30 км
Радиус зоны: 1200 км

M8.2

1887-7-8
Глубина: 20 км
Расстояние до Шымбутова: 29.2 км
Радиус зоны: 700 км

M7.3

250 до в.э.-1-1
Глубина: 20 км
Расстояние до Шымбутова: 59.2 км
Радиус зоны: 350 км

M6.7

Рисунок 3.18 – Выпадающий список землетрясений (сортировка по магнитуде)

При определенных фильтрациях меняется список попавших под данный фильтр землетрясений, в нижней части страницы появляется список землетрясений, его в свою очередь тоже можно отфильтровать по магнитуде (от большей к меньшей), в соответствии с рисунком 3.18.

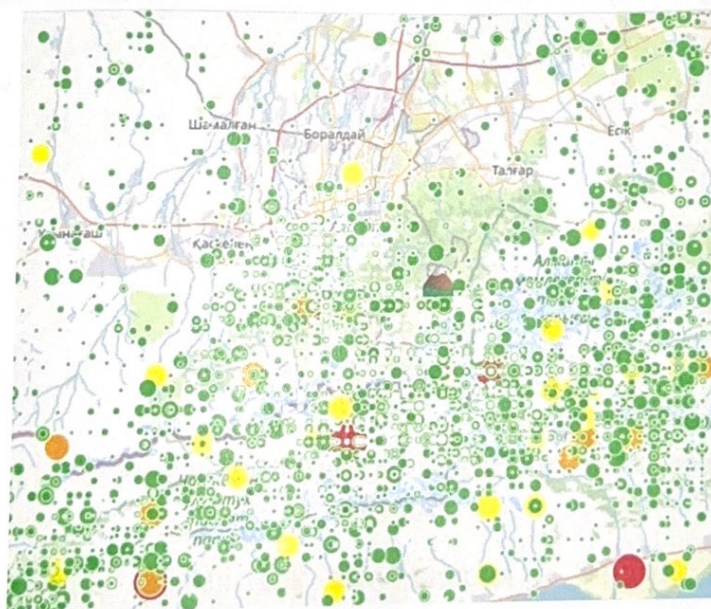


Рисунок 3.19 – Open Street Map карта со списком землетрясений

Внешний интерфейс карты в соответствии с рисунком 3.19.



Рисунок 3.20 – Фильтрация землетрясений, затрагивающих зону Шымбулака

Отфильтровать на карте только те землетрясения, которые так или иначе влияют на исследуемую территорию можно с помощью специального чекбокса, с возможностью включить и выключить этот фильтр в соответствии с рисунком 3.20.

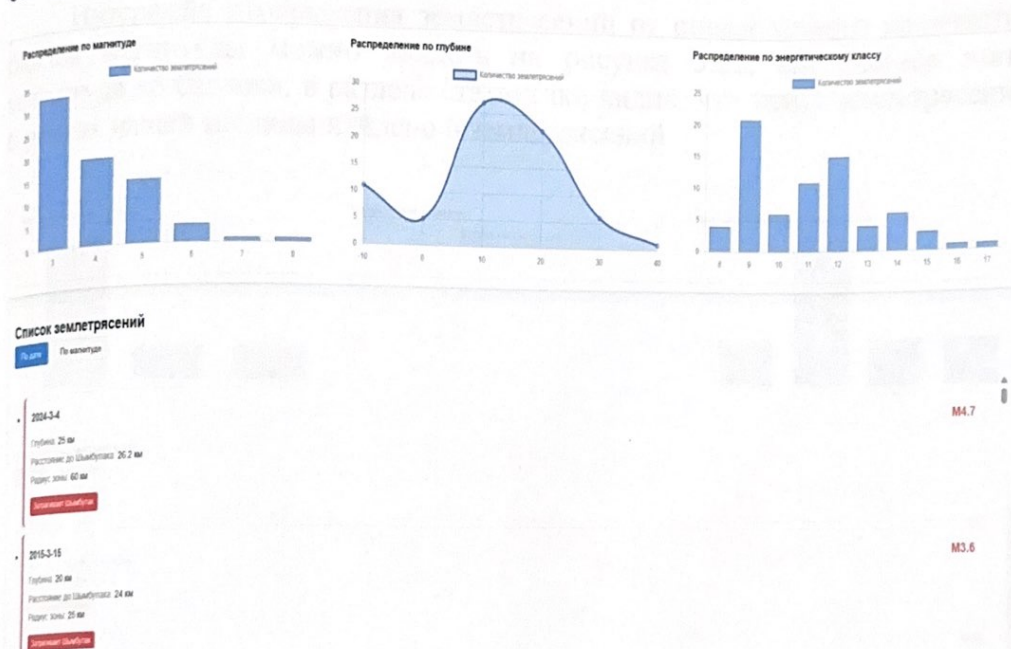


Рисунок 3.21 – Список и статистика землетрясений, затрагивающих зону Шымбулака

Этот чекбокс удобен для визуализации и анализа сейсмических данных, предоставляя пользователям инструменты для фильтрации информации по времени, магнитуде и, возможно, по другим критериям, связанным с воздействием на определенные объекты, такие как Шымбулак, в соответствии с рисунком 3.21.



Рисунок 3.22 – Список и статистика землетрясений, с магнитудой от 6 баллов

Интерфейс отображения землетрясений от определенного количества баллов магнитуды можно увидеть на рисунке 3.22, как пример взята магнитуда «6 баллов», в разделе статистики видно, что таких землетрясений в рамках нашей таблицы найдено 6 землетрясений.

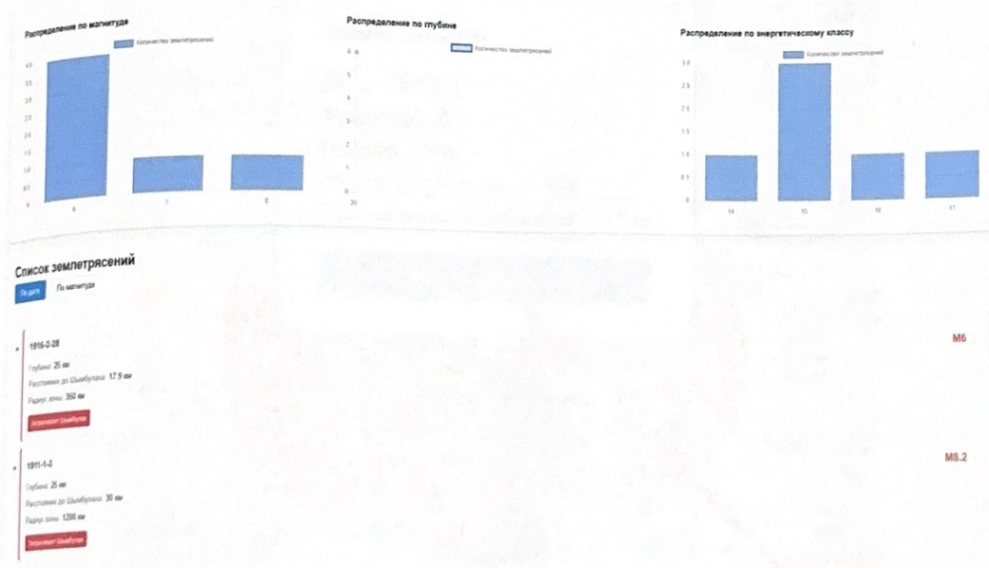


Рисунок 3.23 – Список и статистика землетрясений, с магнитудой от 6 баллов и сортировкой по дате

Список самых разрушительных землетрясений видно в соответствии с рисунком 3.23.

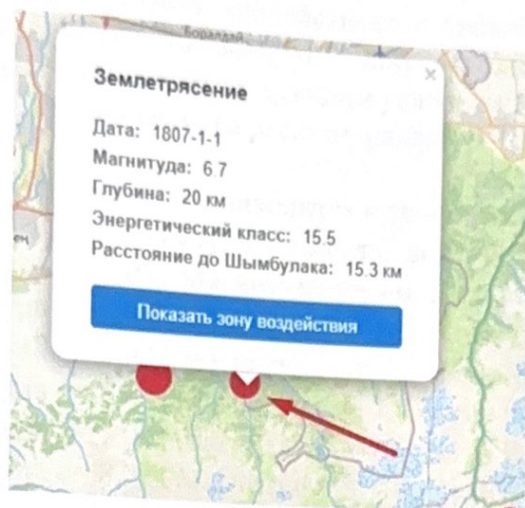


Рисунок 3.24 – Выбор определенного землетрясения

При выборе определенного маркера, мы получаем информацию, показанную в соответствии с рисунком 3.24, а именно: Дата, магнитуда, глубина, энергетический класс, а так же расстояние до Шымбулака в километрах.

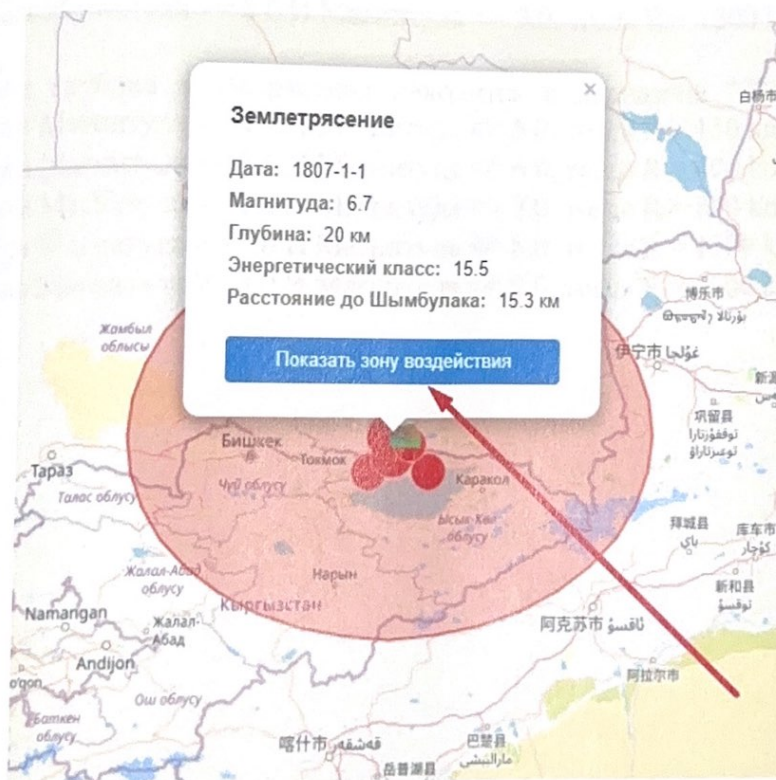


Рисунок 3.25 – Зона воздействия определенного землетрясения

3.25 По кнопке «Показать зону воздействия» в соответствии с рисунком можно получить примерную зону воздействия. Правило распространения было введено по следующим условиям:
Функция определения радиуса распространения (R):

Если глубина землетрясения находится в диапазоне "0-10 km":

- Магнитуда ≥ 2.0 И Магнитуда ≤ 3.0 , тогда $R = 3$ km
- Если Магнитуда ≥ 3.0 И Магнитуда ≤ 4.0 , тогда $R = 15$ km
- Если Магнитуда ≥ 4.0 И Магнитуда ≤ 5.0 , тогда $R = 40$ km
- Если Магнитуда ≥ 5.0 И Магнитуда ≤ 6.0 , тогда $R = 100$ km
- Если Магнитуда ≥ 6.0 И Магнитуда ≤ 7.0 , тогда $R = 250$ km
- Если Магнитуда ≥ 7.0 И Магнитуда ≤ 8.0 , тогда $R = 500$ km
- Если Магнитуда ≥ 8.0 И Магнитуда ≤ 9.0 , тогда $R = 1000$ km

Если глубина землетрясения находится в диапазоне "10-70 km":

- Если Магнитуда ≥ 3.0 И Магнитуда ≤ 4.0 , тогда $R = 25$ km
- Если Магнитуда ≥ 4.0 И Магнитуда ≤ 5.0 , тогда $R = 60$ km
- Если Магнитуда ≥ 5.0 И Магнитуда ≤ 6.0 , тогда $R = 150$ km
- Если Магнитуда ≥ 6.0 И Магнитуда ≤ 7.0 , тогда $R = 350$ km
- Если Магнитуда ≥ 7.0 И Магнитуда ≤ 8.0 , тогда $R = 700$ km
- Если Магнитуда ≥ 8.0 И Магнитуда ≤ 9.0 , тогда $R = 1200$ km

Если глубина землетрясения находится в диапазоне "70-300+ km":

- Если Магнитуда ≥ 4.0 И Магнитуда ≤ 5.0 , тогда $R = 150$ km
- Если Магнитуда ≥ 5.0 И Магнитуда ≤ 6.0 , тогда $R = 400$ km
- Если Магнитуда ≥ 6.0 И Магнитуда ≤ 7.0 , тогда $R = 800$ km
- Если Магнитуда ≥ 7.0 И Магнитуда ≤ 8.0 , тогда $R = 1500$ km
- Если Магнитуда ≥ 8.0 И Магнитуда ≤ 9.0 , тогда $R = 3000$ km

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данной диссертационной работы было проведено комплексное исследование сейсмоопасных зон горнолыжного курорта Шымбулак с применением геоинформационных систем, что является крайне актуальным в условиях возрастающей антропогенной нагрузки на территорию, расположенную в высокосейсмичном регионе Северного Тянь-Шаня.

Проанализированы теоретические и методологические основы исследования сейсмической опасности и риска, а также роль ГИС-технологий в этих процессах, подтверждая их эффективность для сбора, хранения, анализа и визуализации геопространственных данных.

Разработана геоинформационная система, включающая в себя структурированную базу данных о землетрясениях и инструментарий для пространственного анализа. Реализованы функции загрузки данных из JSON-файла, фильтрации землетрясений по различным параметрам (год, магнитуда, воздействие на Шымбулак) и динамического отображения на интерактивной карте.

В рамках ГИС-анализа осуществлено картографирование сейсмической опасности, что включает в себя визуализацию эпицентров землетрясений и зон их воздействия.

Реализованы инструменты для оценки и визуализации сейсмического риска, включая интерактивный список землетрясений с возможностью сортировки и графики распределения землетрясений по магнитуде, глубине и энергетическому классу. Это позволяет проводить глубокий анализ и выявлять наиболее уязвимые зоны и объекты инфраструктуры курорта.

Практическая значимость работы заключается в разработке научно обоснованных рекомендаций для снижения сейсмического риска на территории Шымбулака. Полученные результаты могут быть использованы для:

Оптимизации градостроительного планирования и зонирования. Принятия решений по сейсмоусилению существующих и проектированию новых сооружений. Разработки эффективных планов реагирования на чрезвычайные ситуации, повышая общую безопасность курорта и его посетителей.

Разработанная ГИС-модель является гибким инструментом, который может быть дополнен новыми данными и функционалом, что делает ее ценным ресурсом для постоянного мониторинга и управления сейсмическим риском в регионе.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на более детальное моделирование распространения сейсмических волн с учетом сложного рельефа, а также на разработку проактивных систем раннего оповещения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Наметов, И. А. Роль ГИС-технологий в исследовании сейсмоопасных зон Шымбулака / И. А. Наметов, Ж. Т. Кожаев, Ш. К. Айтказинова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2024. — № 48 (547). — С. Т.1. 36-39. — URL: <https://moluch.ru/archive/547/119829/> (дата обращения: 16.06.2025).

2 А.В.Скворцов, П.И.Поспелов, А.А.Котов. Геоинформатика в дорожной отрасли. — А.В. Скворцов, 2005-07-05. — С. 129. — 252 с.

3 Ryosuke Arai, Kazuyuki Ota, Yasushi Toyoda and Takahiro Sato. Development of a system for practical prediction of flood and debris flow throughout Japan, Japan.

4 Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 5-й Международной конференции. Тбилиси, Грузия, 1-5 октября 2018 г. — Отв. ред. С.С.Черноморец, Г.В. Гавардашвили. — Тбилиси: Универсал, 2018, 671с.

5 Селевые явления Юго-Восточного Казахстана. А. Р. Медеу, В. П. Благовещенский, Т. А. Баймолдаев, Т. Л. Киренская, Б. С. Степанов. Основы мониторинга в Иле Алатау.

6 Основы Python в кратком изложении / <https://habr.com/ru/articles/29778>.

7 Красовская О., Сктерщиков С., Тясто С., Хмелефа Д. ГИС в системе территориального планирования и управления территорией // ArcReview, 2003. — №3 (38).

8 Kamza A., Levin E., Kuznetcova I., Yerzhankyzy A., Orynassarova E. Investigation of changes in dem, constructed from time to time data from the seabed: SGEM 18 (2.3), 449-454.

9 Yerzhankyzy A., Kakimzhanov Y., Kamza A., Orynassarova E., Levin E. Comparison of digital elevation models generated with open source software from various satellite imagery. International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM 18 (2.3), 73-8.4.

Приложение А

HTML код веб – страницы

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="ru">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <title>Карта землетрясений</title>
  <link rel="stylesheet" href="https://unpkg.com/leaflet@1.7.1/dist/leaflet.css" />
  <link rel="stylesheet" href="https://cdn.jsdelivr.net/npm/flatpickr/dist/flatpickr.min.css">
  <link rel="stylesheet" href="styles.css">
</head>
<body>
  <div class="container">
    <div class="map-container">
      <div id="map"></div>
      <div class="layer-controls">
        <label>
          <input type="checkbox" id="earthquakeLayer" checked>
          Землетрясения
        </label>
        <label>
          <input type="checkbox" id="shymbulakLayer" checked>
          Шымбулак
        </label>
      </div>
    </div>
    <div class="content-container">
      <div class="filters">
        <h2>Фильтры</h2>
        <div class="filter-group">
          <label>Период</label>
          <div class="date-range">
            <div class="date-input">
              <label>От</label>
              <input type="number" id="dateFrom" min="-250" max="2024" value="-250">
            </div>
            <div class="date-input">
              <label>До</label>
              <input type="number" id="dateTo" min="-250" max="2024" value="2024">
            </div>
          </div>
        </div>
        <div class="filter-group">
          <label>Магнитуда:</label>
          <div class="magnitude-range">
            <div class="range-input">
              <label>От:</label>
              <input type="number" id="magnitudeFrom" min="0" max="10" step="0.1"
value="0">

```



```

        </div>
        <div class="range-input">
            <label>До:</label>
            <input type="number" id="magnitudeTo" min="0" max="10" step="0.1"
value="10">
        </div>
    </div>
    <div class="filter-group">
        <label class="checkbox-label">
            <input type="checkbox" id="shymbulakFilter">
            Затрагивает Шымбулак
        </label>
    </div>
</div>

<div class="statistics">
    <h2>Статистика</h2>
    <div class="stat-item">
        <span>Всего землетрясений:</span>
        <span id="totalEarthquakes">0</span>
    </div>
    <div class="stat-item">
        <span>Макс. магнитуда:</span>
        <span id="maxMagnitude">0</span>
    </div>
    <div class="stat-item">
        <span>Средняя глубина:</span>
        <span id="avgDepth">0</span>
    </div>
</div>

<div class="charts">
    <div class="chart-container">
        <h3>Распределение по магнитуде</h3>
        <canvas id="magnitudeChart"></canvas>
    </div>
    <div class="chart-container">
        <h3>Распределение по глубине</h3>
        <canvas id="depthChart"></canvas>
    </div>
    <div class="chart-container">
        <h3>Распределение по энергетическому классу</h3>
        <canvas id="energyChart"></canvas>
    </div>
</div>

<div class="earthquake-list">
    <h2>Список землетрясений</h2>
    <div class="sort-buttons">
        <button id="sortDate" class="sort-button active">По дате</button>
    </div>

```

Приложение Б

JavaScript код – логика работоспособности

```
// Глобальные переменные
let map;
let markers = [];
let earthquakeData = [];
let affectingEarthquakes = []; // Добавляем массив для землетрясений, затрагивающих Шымбулак
let magnitudeChart;
let depthChart;
let energyChart;
let heatLayer;
let isoseistLayers = [];
let shymbulakMarker;
let activeIseists = null; // Для хранения активных изосейст
let currentMarker = null; // Для хранения текущего активного маркера
let currentSort = 'date'; // Текущая сортировка: 'date', 'magnitude', 'distance'
let currentIseist = null;
```

```
// Данные о радиусах распространения землетрясений
```

```
const SEISMIC_RADIUS_DATA = {
  "seismic_radius_data": [
    {
      "depth_range": "0-10 km",
      "description": "Поверхностные землетрясения (локальные, но интенсивные)",
      "magnitude_ranges": [
        {"min": 2.0, "max": 3.0, "radius_km": 3},
        {"min": 3.0, "max": 4.0, "radius_km": 15},
        {"min": 4.0, "max": 5.0, "radius_km": 40},
        {"min": 5.0, "max": 6.0, "radius_km": 100},
        {"min": 6.0, "max": 7.0, "radius_km": 250},
        {"min": 7.0, "max": 8.0, "radius_km": 500},
        {"min": 8.0, "max": 9.0, "radius_km": 1000}
      ]
    },
    {
      "depth_range": "10-70 km",
      "description": "Среднефокусные землетрясения (баланс интенсивности и распространения)",
      "magnitude_ranges": [
        {"min": 3.0, "max": 4.0, "radius_km": 25},
        {"min": 4.0, "max": 5.0, "radius_km": 60},
        {"min": 5.0, "max": 6.0, "radius_km": 150},
        {"min": 6.0, "max": 7.0, "radius_km": 350},
        {"min": 7.0, "max": 8.0, "radius_km": 700},
        {"min": 8.0, "max": 9.0, "radius_km": 1200}
      ]
    },
    {
      "depth_range": "70-300+ km",
      "description": "Глубокие землетрясения (слабее у поверхности, но шире распространение)",
      "magnitude_ranges": [
        {"min": 4.0, "max": 5.0, "radius_km": 150},
        {"min": 5.0, "max": 6.0, "radius_km": 400},
        {"min": 6.0, "max": 7.0, "radius_km": 800},
        {"min": 7.0, "max": 8.0, "radius_km": 1500},
        {"min": 8.0, "max": 9.0, "radius_km": 3000}
      ]
    }
  ]
};
```



```

// Координаты Шымбулака
const SHYMBULAK_COORDS = {
  lat: 43.1353,
  lng: 77.0817
};

// Инициализация карты
function initMap() {
  console.log('Инициализация карты...');

  if (map) {
    console.log('Удаление существующей карты...');
    map.remove();
  }

  const mapElement = document.getElementById('map');
  console.log('Элемент карты:', mapElement);

  if (!mapElement) {
    console.error('Элемент карты не найден!');
    return;
  }

  map = L.map('map').setView([42.7, 77.5], 6);
  console.log('Карта создана:', map);

  L.tileLayer('https://{s}.tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png', {
    attribution: ''
  }).addTo(map);

  // Добавляем маркер Шымбулака
  shymbulakMarker = L.marker([SHYMBULAK_COORDS.lat, SHYMBULAK_COORDS.lng], {
    icon: L.divIcon({
      className: 'shymbulak-marker',
      html: '▲',
      iconSize: [30, 30]
    })
  }).addTo(map);

  shymbulakMarker.bindPopup(
    <strong>Шымбулак</strong><br>
    Высота: 2260 м<br>
    Координаты: ${SHYMBULAK_COORDS.lat}°N, ${SHYMBULAK_COORDS.lng}°E
  ');

  // Добавляем обработчик клика по карте
  map.on('click', function(e) {
    // Проверяем, был ли клик вне маркера землетрясения
    const clickedOnMarker = markers.some(marker => {
      const markerLatLng = marker.getLatLng();
      const distance = map.distance(e.latlng, markerLatLng);
      return distance < 20; // 20 пикселей - примерный радиус маркера
    });

    if (!clickedOnMarker && activeIsosets) {
      console.log('Клик вне маркера, закрываем зону воздействия');
      // Очищаем активные изосейсты
      activeIsosets.forEach(layer => {
        if (Array.isArray(layer)) {
          layer.forEach(l => map.removeLayer(l));
        }
      });
    }
  });
}

```

```

    } else {
      map.removeLayer(layer);
    }
  });
  activeIsosets = null;
}
});
}

// Загрузка данных
async function loadData() {
  console.log('Начало загрузки данных...');
  try {
    console.log('Запрос данных...');
    const response = await fetch('earthquakes_with_zones.json');
    console.log('Ответ получен:', response);

    earthquakeData = await response.json();

    // Преобразуем энергетический класс из строки в число
    earthquakeData = earthquakeData.map(eq => ({
      ...eq,
      Энергетический_класс: eq.Энергетический_класс ? parseFloat(eq.Энергетический_класс) : null
    }));

    console.log('Данные загружены, количество записей:', earthquakeData.length);
    console.log('Пример записи после преобразования:', earthquakeData[0]);

    // Инициализируем визуализации
    console.log('Инициализация визуализаций...');
    initMap();
    initDatePickers();
    initMagnitudeInputs();

    // Добавляем обработчики событий
    console.log('Добавление обработчиков событий...');
    const earthquakeLayer = document.getElementById('earthquakeLayer');
    const shymbulakLayer = document.getElementById('shymbulakLayer');
    const sortDate = document.getElementById('sortDate');
    const sortMagnitude = document.getElementById('sortMagnitude');
    const shymbulakFilter = document.getElementById('shymbulakFilter');

    console.log('Элементы управления:', {
      earthquakeLayer,
      shymbulakLayer,
      sortDate,
      sortMagnitude,
      shymbulakFilter
    });

    if (earthquakeLayer) {
      console.log('Добавление обработчика для earthquakeLayer');
      earthquakeLayer.addEventListener('change', updateVisualizations);
    } else {
      console.warn('Элемент earthquakeLayer не найден');
    }

    if (shymbulakLayer) {
      console.log('Добавление обработчика для shymbulakLayer');
      shymbulakLayer.addEventListener('change', updateVisualizations);
    } else {
      console.warn('Элемент shymbulakLayer не найден');
    }
  }
}

```



```

    }

    if (sortDate) {
      console.log('Добавление обработчика для sortDate');
      sortDate.addEventListener('click', () => setSort('date'));
    } else {
      console.warn('Элемент sortDate не найден');
    }

    if (sortMagnitude) {
      console.log('Добавление обработчика для sortMagnitude');
      sortMagnitude.addEventListener('click', () => setSort('magnitude'));
    } else {
      console.warn('Элемент sortMagnitude не найден');
    }

    if (shymbulakFilter) {
      console.log('Добавление обработчика для shymbulakFilter');
      shymbulakFilter.addEventListener('change', () => {
        console.log('Изменение состояния фильтра Шымбулака.', shymbulakFilter.checked);
        updateVisualizations();
      });
    } else {
      console.warn('Элемент shymbulakFilter не найден');
    }

    // Обновляем визуализации после инициализации всех обработчиков
    updateVisualizations();

    console.log('Инициализация завершена успешно');
  } catch (error) {
    console.error('Ошибка загрузки данных:', error);
    console.error('Стек ошибки:', error.stack);
  }
}

// Инициализация календарей
function initDatePickers() {
  console.log('Инициализация фильтров по году...');
  const dateFrom = document.getElementById('dateFrom');
  const dateTo = document.getElementById('dateTo');

  console.log('Элементы фильтров:', { dateFrom, dateTo });

  if (dateFrom && dateTo) {
    // Добавляем обработчики событий
    dateFrom.addEventListener('input', updateVisualizations);
    dateTo.addEventListener('input', updateVisualizations);
  } else {
    console.warn('Элементы фильтров по году не найдены');
  }
}

```

НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени К.И.САТПАЕВА»

На магистерскую диссертацию
Наметова Ильяра Алымжановича

На тему: «Исследование сейсмоопасных районов Шымбулака с применением ГИС технологий»
по образовательной программе 7М07306 - Геопространственная цифровая инженерия
На соискание академической степени магистра

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

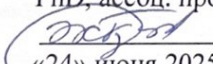
Представленная диссертационная работа посвящена комплексному исследованию сейсмоопасных зон горнолыжного курорта Шымбулак с применением геоинформационных систем (ГИС).

В рамках исследования был проведен анализ и синтез обширного объема геопространственных данных, включая геологические, геоморфологические, сеймотектонические, а также данные о существующей инфраструктуре Шымбулака.

Ключевым аспектом работы является разработка методологии оценки сейсмического риска для инфраструктурных объектов Шымбулака на основе ГИС-анализа. Это позволило выявить наиболее уязвимые зоны и объекты, требующие первоочередных мер по сейсмоусилению и планированию эвакуации. Полученные результаты могут служить основой для разработки эффективных стратегий по минимизации последствий возможных землетрясений, улучшению системы мониторинга и раннего оповещения.

Практическая значимость диссертации заключается в предоставлении научно обоснованных рекомендаций для государственных органов, ответственных за обеспечение безопасности населения и развитие туристической инфраструктуры в горных регионах, а также для управляющих компаний горнолыжного курорта Шымбулак.

Научный руководитель
КазННТУ, кафедра МДиГ
PhD, ассоц. профессор

 Кожаяев Ж.Т.
«24» июня 2025г.

РЕЦЕНЗИЯ
на магистерскую диссертацию
Наметова Ильяра Алымжановича

по образовательной программе 7M07306 - Геопространственная цифровая инженерия

На тему: «Исследование сейсмоопасных районов Шымбулака с применением ГИС технологий»

Выполнено:

- а) графическая часть на 14 страниц
- б) пояснительная записка на 46 страниц

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Автор грамотно выстраивает логическую структуру диссертационной работы: от краткой характеристики географо-экономических условий района Шымбулак до детального рассмотрения селеопасных и сейсмоопасных районов данной местности. Существенным достоинством работы является комплексный подход к планированию работ, включающий детальное описание методики, а так же написание кода и создание веб-сайта.

Магистерская диссертация посвящена актуальной и практически значимой теме – исследованию сейсмоопасных зон популярного горнолыжного курорта Шымбулак с использованием современных геоинформационных систем (ГИС). В условиях высокой сейсмической активности региона и постоянного роста инфраструктуры в горной местности, данный труд представляет собой ценный вклад в повышение уровня безопасности и устойчивого развития территории.

Особое внимание заслуживает корректная интерпретация сейсмологических данных и их интеграция в ГИС-среду для визуализации зон потенциального риска.

К числу несомненных достоинств работы следует отнести:

1. Цель и задачи исследования сформулированы корректно, логично вытекают из обозначенной проблемы и актуальности темы;
2. Тема диссертации является безусловно актуальной. Шымбулак, как активно развивающийся горнолыжный курорт, расположен в зоне повышенной сейсмической активности. В условиях постоянного строительства и роста туристического потока крайне важно проведение пространственного анализа опасных участков с целью минимизации последствий возможных землетрясений.

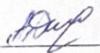
Работа оформлена аккуратно, язык изложения научный и доступный, использованы актуальные источники методической литературы.

Оценка работы

Магистерская диссертация полностью соответствует требованиям, предъявляемым к выпускным квалификационным работам магистранта по направлению 7M07306 - Геопространственная цифровая инженерия. Работа заслуживает высокой оценки.

Рецензент

PhD, ассоц. профессор

 Алтаева А.А.

«24» июня 2025 г.



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Наметов Ильяр Алымжанович

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: АЛМАТЫ ҚАЛАСЫНДАҒЫ КАРГАЛИНКА ӨЗЕНІНІҢ МЫСАЛЫНДА СЕЛ
ТАСҚЫНЫНЫҢ ТАРАЛУЫН ЕСЕПТЕУ ЖӘНЕ МОДЕЛЬДЕУ - 2 МҮМКІНДІК!!

Научный руководитель: Женис Кожаяев

Коэффициент Подобия 1: 4.4

Коэффициент Подобия 2: 2.2

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 9

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата

23.06.25



проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Наметов Ильяр Алымжанович

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: АЛМАТЫ ҚАЛАСЫНДАҒЫ КАРГАЛИНКА ӨЗЕНІНІҢ МЫСАЛЫНДА СЕ Л
ТАСҚЫНЫНЫҢ ТАРАЛУЫН ЕСЕПТЕУ ЖӘНЕ МОДЕЛЬДЕУ - 2 МҮМКІНДІК!!

Научный руководитель: Женис Кожаяев

Коэффициент Подобия 1: 4.4

Коэффициент Подобия 2: 2.2

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 9

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата

23.06.25



Заведующий кафедрой



СОДЕРЖАНИЕ

Кузница инженерных кадров Казахстана.....	1	Кириченко М. В., Касымканова Х. М.	
Айтбай Д. С., Бекеев Б. С., Ормамбеков Е. Ж., Куандыков Т. А., Нурпеисова М. Б.		Влияние метеорологических условий съемки на точность моделей беспилотных летательных аппаратов	27
Наблюдение за деформациями зданий и сооружений в зоне строительства метрополитена	2	Мурат Д. Т., Несипкалиев А. А., Айтказинова Ш. К., Нурпеисова М. Б.	
Алтыбай Ж. К., Киргизбаева Д. М., Нұрпейісова М. Б.		Ақжал кен орны карьері борттары мен жерасты қазбаларының орнықтылығын мониторингтеуде заманауи аспаптарды қолдану	29
Алматы қаласының электронды, 2D және 3D-карталарын құру	6	Нағыметулла А. Т., Кожаяев Ж. Т., Нукарбекова Ж. М.	
Амангелді А. Н., Солтабаева С. Т., Айтказинова Ш. К.		Анализ экологического загрязнения города Кызылорда	33
Жаңатас карьері беткейлерінің Жай-күйін мониторингтеудің технологиясы	9	Наметов И. А., Кожаяев Ж. Т., Айтказинова Ш. К.	
Аманжолұлы А., Алиханов И. А., Тезекпаев Н. Р., Ормамбеков Е. Ж., Нурпеисова М. Б.		Роль ГИС-технологий в исследовании сейсмоопасных зон Шымбулака	36
Методика оценки устойчивости бортон карьера	12	Nurlybaev R. Y., Bek A. A., Ashimova A. A., Nurpeisova M. B.	
Ауесхан К. Б., Рысбеков К. Б.		High lag for the «Green Kazakhstan» project.....	39
Исследование проведения аэрофотосъемки с целью обновления топографических карт города Кунаева	15	Сағатбек Б. Ж., Анетов Б. Т., Мейрамбек Г. М., Нурпеисова М. Б.	
Ashimova A. A., Bek A. A., Nurlybaev R. Y., Nurpeisova M. B.		Мониторинг многоуровневых транспортных развязок города Алматы	43
Processing of ash and slag waste from thermal power plants with production of building materials	18	Сутормин Н. С., Матжанова М. М., Мадимарова Г. С., Жантуева Ш. А.	
Болманов О. А., Мейрамбек Г. М., Нурпеисова М. Б.		Комплексные инженерно-геодезические изыскания территории по данным аэрофотосъемки	46
Использование современных приборов в маркшейдерских съемках при освоении хромитовых месторождений	21	Усен Д. К., Бердикул Н. И., Нурпеисова К. М.	
Жаканова А. С., Ормамбекова А. Е., Нукарбекова Ж. М., Нурпеисова М. Б.		Улучшение теплофизических показателей ограждений для повышения энергоэффективности зданий	49
Рациональное использование земель под линии электропередач	24	Хамраева Ж. А., Мадимарова Г. С., Нурпеисова Т. Б., Ормамбекова А. Е.	
		Өзен бойындағы су басу аймақтарын геоақпараттық технологиялары негізінде үлгілеу	51

Роль ГИС-технологий в исследовании сейсмоопасных зон Шымбулака

Наметов Ильяр Алымжанович, студент магистратуры;
Кожаяев Женис Турсуналиевич, PhD, профессор;
Айтказинова Шынар Касымканкызы, PhD, профессор
Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева (Sattbayev University) (г. Алматы, Казахстан)

В статье рассматривается роль геоинформационной системы при мониторинге сейсмически опасных зон Иле Алатау.
Ключевые слова: геоинформационная система, цифровая модель рельефа, крутизна склонов, сейсмоопасные и лавиноопасные зоны, Шымбулак.

Role of GIS technologies in the study of seismic zones of Shymbulak

Nametov Ilyar Alymzhanovich, student master's degree;
Kozhayev Zhenis Tursunaliyevich, PhD, professor;
Aytkazanova Shynar Kasymkankyzy, PhD, professor
Sattbayev University (Almaty, Kazakhstan)

The article discusses the role of a geographic information system in monitoring seismic hazardous zones in Ile Alatau.
Keywords: geographic information system, digital elevation model, steepness slopes, seismic and avalanche zones, Shymbulak.

Введение. Шымбулак — это горнолыжный курорт в Заилийском Алатау, рядом с городом Алматы, который привлекает тысячи туристов каждый год. Однако регион, в котором он расположен, известен своей высокой сейсмической активностью, что делает его подверженным рискам разрушительных землетрясений. Для эффективного управления этими рисками и обеспечения безопасности населения и туристов, необходимо точное и современное исследование сейсмоопасных зон. Одним из наиболее передовых методов для такой работы является использование географических информационных систем (ГИС). Цель данной статьи — рассмотреть возможности и преимущества применения ГИС технологий в изучении сей-

смоопасных зон на территории Шымбулака. Это позволит не только лучше понять природу сейсмических рисков, но и более эффективно планировать развитие инфраструктуры в этом горном регионе.

Основное содержание работы

1. Сейсмическая активность в районе Шымбулака

Шымбулак расположен в регионе, подверженном высокому сейсмическому, селеопасному и лавиноопасному рискам. Алматы и его окрестности относятся к зоне с потенциальной сей-

сической активностью до 9 баллов по шкале Рихтера. Исторические данные свидетельствуют о том, что в этом регионе происходили разрушительные землетрясения, такие как Верненское землетрясение 1887 года, которое вызвало значительные разрушения в Алматы и прилегающих районах.

Тектонические процессы в районе Шымбулака формируют зоны высокой напряженности в земной коре, что обуславливает необходимость проведения тщательных исследований для оценки вероятных последствий будущих землетрясений. Такие исследования необходимы для планирования и развития инфраструктуры в сейсмоопасных районах, особенно с учетом туристической привлекательности туристического и горнолыжного курорта Шымбулак (рис. 1).

2. Влияние селей на сейсмоопасные зоны

Сели могут оказать значительное влияние на сейсмоопасные зоны, и это влияние проявляется несколькими способами:

1. **Увеличение нагрузки на землю:** Сели, образованные в результате сильных дождей или таяния снегов, могут увеличивать вес и давление на слои грунта. Это может привести к активации сейсмической активности в ранее стабильных зонах.
2. **Изменение гидрогеологической обстановки:** Сели могут изменять уровень грунтовых вод и поведение водонасыщенных горизонтов, что в свою очередь может способствовать сдвигам или обрушениям склонов, особенно в сейсмоактивных регионах.
3. **Обрушения склонов:** В сейсмоопасных зонах сели могут спровоцировать обрушения склонов, которые сами по себе могут вызвать вторичные землетрясения или оползни.
4. **Повреждение инфраструктуры:** Сели могут наносить вред зданиям и дорогам, особенно в местах, где уже существует риск землетрясений, что может привести к катастрофическим последствиям при наступлении сейсмических событий.
5. **Изменение русел рек:** Сели могут изменить русла рек, что может повлиять на подземные воды и активизировать тектонические процессы.

Понимание взаимодействия между селями и сейсмической активностью важно для разработки стратегий по управлению рисками и смягчению последствий в сейсмоопасных зонах.

3. Мониторинг сейсмической опасности

Алматы расположен у подножия горы, у устья селеопасных и лавиноопасных горных рек: Большая Алматинка, Малая Алматинка, Есентай, Котырбулак и др. Лавины угрожают населенным пунктам, горнолыжным курортам, автомобильным дорогам. С 1951 по 2014 г. в горах Казахстана зафиксировано 76 лавин, сход которых нанес значительный ущерб. За этот период в лавины попали 173 человека, из которых 87 погибли [1]. Чаше всего в лавины попадают туристы, альпинисты и горнолыжники (рис. 2).

В качестве противолавинных мероприятий используются прогнозирование лавин, профилактические спуски и защитные сооружения. Основными принципами мониторинга селевой опасности является — прогнозирование и анализ характеристик, которые так или иначе показывают на угрозу селевых явлений, ведение наблюдений за селевыми процессами и своевременное оповещение об действующей угрозе служб чрезвычайных ситуаций и принятии ими решений для уменьшения ущерба от селевого проявления.

В настоящее время изучению снежных лавин и стока талой воды посвящено большое количество научных трудов. В работах авторов [2–4] прогнозируются сходы лавин на основе модели RAMMS. В основе программы лежит численное решение уравнения динамики второго порядка.

Академиком НАН РК А.Р. Медеу [5] разработана имитационная модель зарождения и схода снежной лавины при изменении температуры окружающего воздуха и таянии снежного покрова на склоне, на основании чего построена карта селеопасности зон (рис. 3).

Мониторинг и является возможностью прогнозировать опасения вовремя. Чтобы у населения и собственников было



Рис. 1. Курорт Шымбулак

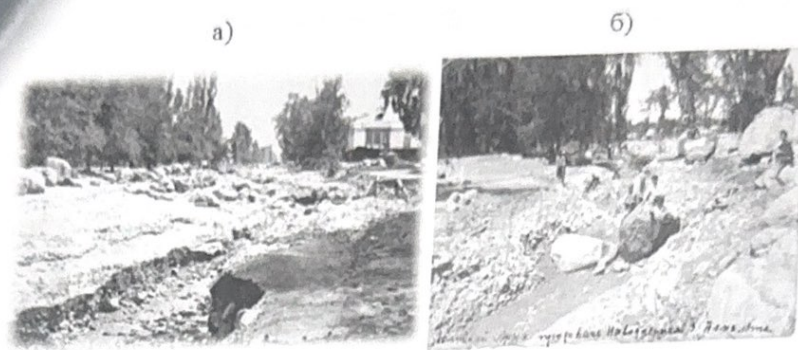


Рис. 2. а) сель в урочище Шымбулак; б) по пр. Абая (1921 год)

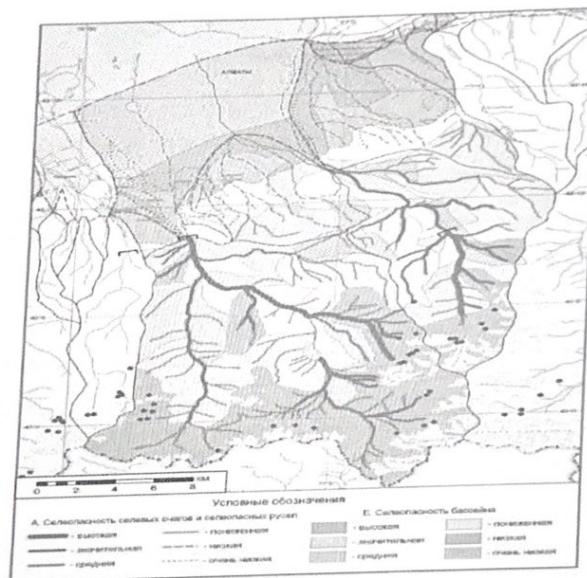


Рис. 3. Карта селеопасности Иле Алатау

время для действий по спасению, требуется разработать системы предупреждения, а так же принять меры, способные снизить риск схода селя.

В процессе проведения геодезического мониторинга были использованы приборы как GPS1200, электронный тахеометр TCRA 1205 и лазерный сканер FARO LASER SCANNER

Алатау общей площади 0.75 га, на основе чего разработана технология выполнения съемки и создания цифровых моделей объектов и рельефа. В результате выполненной работы получены трехмерные модели объекта в формате AutoCAD и продольные и поперечные профили (рис. 4), которые послужили основой для оценки лавинной опасности. Что и являлось

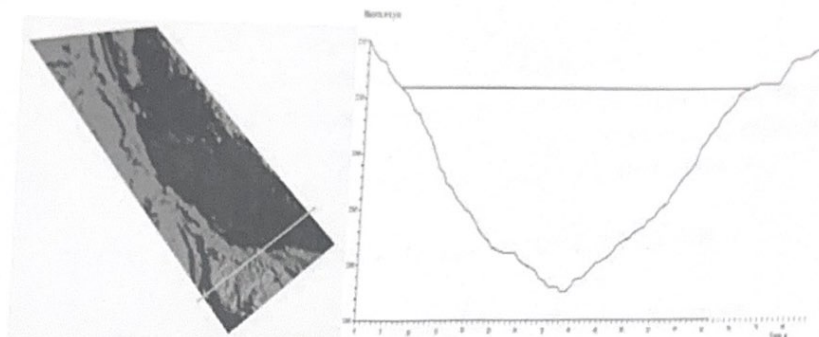


Рис. 4. 3D-модель рельефа и поперечный профиль лавинного лотка с определением максимальной высоты лавинного потока

В настоящее время стало привычным получение жителями города предупреждающих сообщений, о возможности схода снежных лавин и селей от Департамента по чрезвычайным ситуациям г. Алматы.

Выводы

Исследование сейсмоопасных зон Шымбулака с применением ГИС технологий является важным шагом для повышения безопасности региона и улучшения планирования инфраструктуры. Использование современных технологий позволяет не

только более точно оценивать потенциальные риски, но и разрабатывать стратегии по их минимизации. В условиях высокой сейсмической активности горного региона, таких как Заилийский Алатау, ГИС технологии играют ключевую роль в обеспечении безопасности как для местного населения, так и для туристов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета Науки Министерства науки и высшего образования РК ГФ ИРН № AP9680130 «Обеспечение промышленной, экологической безопасности в условиях провалоопасности земной поверхности»

Литература:

1. Благовещенский В. П., Жданов В. В. Защита от снежных лавин в Казахстане. Инженерная защита № 3(8), 2015. — С. 56–64.
2. Bartelt P. Frictional relaxation in avalanche / P. Bartelt, O. Buser // *Annals of Glaciology*. 2010. — V. 51(54). — P. 98–104.
3. Birkeland Karl W. The stuffblock snow stability test. / Karl W. Birkeland, Ron Johnson, Diane Herzberg // *Rep. 9623–2836-MTDC*. Missoula, MT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Missoula Technology and Development Center. — 1996. — 20 p.
4. Christen M. RAMMS: numerical simulation of dense snow avalanche in three-dimensional terrain / M. Christen, J. Kowalski, P. Bartelt // *Cold Regions Science and Technology*. — 2010. — V. 63. — P. 1–14.
5. Медеу А. Р. Селевые явления Юго-Восточного Казахстана. Основы мониторинга в Иле Алатау. Алматы, 2018. Т. 2. ч. 2. 288 с.
6. Ыстықұл К. А., Середович В. А. Исследование снежных лавин с применением технологии наземного лазерного сканирования. Вестник КазНУ, серия географическая № 1, 2015. — с 372–380

РЕСПУБЛИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМ - ӘДІСТЕМЕЛІК ЖУРНАЛ

Редакция жетістігі: 14 жылдық тарих, 120 астамнан аса публикация

ТАҒЫЛЫМ

2011 жылдың наурызынан бастап шығады

№05 (135)

III бөлім

Мамыр
2025 жыл



EDUCATIONAL
SCIENCES
INDEX

«Educational Sciences Index» Қазақстан педагогтарының ғылыми-әдістемелік
мақалаларының базасында индекстеу жүргізіліп, «Edunews.kz» ақпараттық агенттігі
арқылы республиканың педагог қауымына таратылады



Басылым Қазақстан Республикасы
Байланыс және ақпарат министрлігінде есепке
қойылып, 2011 жылдың 26 қаңтарында №11349-ж
тіркеу куәлігі берілген



Көшер Нұрдаулет, Когнитивные характеристики религиозной лексики в английском языке	152
Алпысбаев Жаксылык Айтказиевич, Тоғызжұмалақ: Кошпенділердің ақыл-ой ойыны	152
Мухатова Тайла Шалабаевна, Электр тізбегі және оның құрамды бөліктері, ток күші, кернеу	153
Алькеева Асем Жумабаевна, Қазақ тілі сабағында функционалдық сауаттылықты арттырудағы жатылым дағдысының ролі	156
Муратова Ю. Э., ГТО біздің өмірімізде	159
Амирханова Венера Даулетовна, Көшпелілер мен отырықшылардың өмір салты	161
Кулжаева Л. А., Мәдени өсімдіктердің әртүрлі орта жағдайларына көрсеткіштерін зерттеу	164
Сыдық Мұхамеджанов, Жарқ етпес қара көңізім, не қылсада	166
Космуратова Гульмира Тулегеновна, Скарасакова Анар Ушканбердиевна, Логикалық ойлау қабілеттерін дамыту ойындары Баскетбол. Командалық қорғаныстағы ойын	169
Алиева Дина, Жалқы есім және жатты есім	170
Айсұлтанова Светлана Дүйсенбековна, Геометриялық фигураларды әріптермен белгілеу	172
Сәлібек С. С., Салыбекова Н. Н., Биологияны оқытуда кешенді тәсілді жүзеге асырудың формасы ретінде экологиялық-ландшафтық экскурсияларды ұйымдастыру	174
Байсбай Жансая Мүтәліпқызы, Заманауи музыкалық білім берудегі абай әндерінің тәрбиелік мәні	176
Исмаилова Разия Шукирбаевна, Музыка пәнінің ұлттық тәрбиелік мәні	180
Дарибаева Нұрғұл Сарсенбековна, Жұмысшы мамандықтарының жаңа дәуірі	182
Налибаева Гулфия Курбанкуловна, Оқушылардың шығармашылық қабілеттерін дамытудағы өнер мектептеріндегі ән-күй сабақтарының маңызы	184
Сағындықова Фарида Абдумомыновна, Музыка сабағында патриоттық тәрбие беру тәсілдері	185
Ханиева Арайлым Әбілханқызы, Вокалдық музыканың дамуы және жас әнінің қалыптастырудағы дауыс жаттығуларының маңыздылығы	187
Мырзаханов Нурдаулет Талантулы, Малдыбаева Багила Усеновна, Жасанды интеллект архитектурасы: Нейронды желілердің құрылымы мен түрлері	189
Каракучукова А. Б., Бактубаева А. С., Бычкова Е. Л., Ескендірова А. З., Применение устного зачета при суммативном оценивании за раздел на уроках биологии в 9, 10 классах для повышения качества знаний учащихся	191
Жумағалиев Нұрпейіс Аманжолович, «ЖАС МЕРГЕН» авторлық бағдарламасы – жас ұрпаққа әскери-патриоттық тәрбие берудің жаңа қадамы	193
Е. Ережепов, Копқабатты ғимараттың деформацияларын геодезиялық бақылау: құрылыс кезіндегі мониторинг әдістері	197
Наметов Ильяр Алымжанович, Кожасев Женис Турсуналиевич, Алматы қаласындағы Каргалінка өзенінің мысалында сел тасқынының таралуын есептеу және модельдеу	200
Сүлейменова Алтын Жанатаевна, Развитие художественно-творческих способностей учащихся через изобразительное искусство	203
	208

орнықтылығын бағалау. – Алматы: ҚазҰТЗУ баспасы, 2020. – 214 б.

2. Қазақстан Республикасы Құрылыс нормалары және ережелері (ҚР ҚНЖЕ) 5.01-102-2013. «Гимараттар мен имараттардың іргестастары. Негізгі жобалау ережелері». – Астана, 2013.

3. Казанин О. С., Мухаметзянов И. Р. Применение программного комплекса MIDAS GTS NX для оценки устойчивости оснований // Инженерные изыскания. – 2021. – №1. – С. 32–38.

4. Ferretti A., Prati C., Rocca F. Nonlinear subsidence rate estimation using permanent scatterers in

differential SAR interferometry // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. – 2001. – Vol. 39 (5). – P. 220–225.

5. Мусаев Б. М., Айтмуратов Б. Ш. Геоаппараттық технологиялармен инженерлік-геологиялық зерттеулерді кешенді жүргізу тәсілдері // Геология және пайдалы қазбалар. – 2022. – №2 (76). – Б. 56–63.

6. Sentinel-1 User Guide. European Space Agency (ESA). <https://sentinel.esa.int> – accessed May 2024.

7. MIDAS GTS NX. User Manual. MIDAS IT Co. Ltd. – 2022. – 430 p.

НАМЕТОВ ИЛЬЯР АЛЫМЖАНОВИЧ,

Шифр ОП 7М07306

Научный руководитель

КОЖАЕВ ЖЕНИС ТУРСУНАЛИЕВИЧ,

НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени К. И. САТПАЕВА»

АЛМАТЫ ҚАЛАСЫНДАҒЫ ҚАРГАЛИНКА ӨЗЕНІНІҢ МЫСАЛЫНДА СЕЛ ТАСҚЫНЫНЫҢ ТАРАЛУЫН ЕСЕПТЕУ ЖӘНЕ МОДЕЛЬДЕУ

Институт Горно - металлургический
Кафедра Маркшейдерское дело и геодезия
СТАТЬЯ

На тему: Алматы қаласындағы Қарғалинка өзенінің мысалында сел тасқынының таралуын есептеу және модельдеу.

№	Качество выполнения работ	Диапазон оценки	Получено%
1	Не выполнено.	0%	
2	Отсутствие на занятиях без уважительных причин	0-50%	
3	Выполнение и активность обучающегося	0-20%	
4	Оформление проекта	0-5%	
5	Умение пользоваться справочниками, технической литературой, учебно-методическим комплексом дисциплины, конспектами лекций	0-5%	
6	Умение пользоваться техническими средствами	0-20%	
7	Защита курсового проекта	0-100%	
8	Итого		

Ф. И. О. обучающегося
Наметов Ильяр Алымжанович
Шифр ОП

транспортных путей. Данные явления требуют тщательного изучения для защиты населения. Цель данной работы является показать все общезвестные формулы для расчета скорости и сравнить их. Также дополнительно определим за какой промежуток времени селевой поток достигнет города и нанесет потенциальный ущерб. Для этого решались следующие задачи: расчет карты уклонов, измерение длины реки, расчет скоростей движения селевого потока с использованием различных формул и наконец определим время.

Важной характеристикой селевых потоков является скорость. Если известна скорость движения селевого потока, можно измерить время появления селя в городе и если есть достаточные данные можно определить возможные последствия. В данной статье основной упор будет делаться на процесс определения скорости.

Не одна используемая формул в статье не может точно определить скорость потока. Поэтому разница в результатах будет значительная. Так как это связано с не изученностью данного явления и недостаточным количеством данных. Проведение селевых экспериментов дает возможность восполнить этот пробел информации.

1. Объект Исследования

Карагалык – река в Алматы и Алматинской области, правый приток реки Каскелен. Длина Карагалык 57 км, ширина русла 5-10 м, глубина реки 0,5-0,1 метров. Бассейн Карагалык расположен в западной части Заилийского Алатау. Склоны долины в среднем течении имеют крутизну 40-60 градусов. Один из самых разрушительных был в 2015 году, тогда в результате селевого выброса пострадало 456 домов, затоплены 44 улицы и 32 автомобиля.

2. Материалы и методы исследования

Важным параметром определяющим динамику селевого потока является скорость. Создание надежных способов и формул требует огромного количества экспериментального материала. Так как явления случаются неожиданно, данных немного. Учитывая необходимость в установлении данного параметра, особенно максимальных величин, рядом ученых были попытки предпринять формулы для усредненного значения скорости селевого паводка.

Далее прилагается несколько формул и их определения
Средняя скорость напосоводного селя рассчитывается по формуле В. В. Голубцова:

$$v = 4,5h^{0,67}i^{0,17}, \quad (1)$$

где h – средняя глубина потока, м; i – продольный уклон русла на участке
Также для определения скорости селевого потока используем формулу Кхання

$$v_{cp} = 8,05h_{cp}^{0,58}i^{0,30}, \quad (2)$$

где h_{cp} – средняя глубина потока, м; i – продольный уклон русла на участке

По учебно- методическому пособию, выпущенному Академией ГПС МЧС России, скорость продвижения селевого потока можно определить по формуле:

$$V = 11,4 * h_{cp}^{0,5} * (U_0 * \sin \alpha)^{1/3}, \quad (3)$$

Где U_0 – относительная гидравлическая крупность вовлекаемых в поток каменных материалов (для оперативных расчетов принимается равным 0,7...1,0); α – средний угол наклона селевого русла, град; h_{cp} – средняя глубина потока, м.

3. Использование модуля «Crayfish»

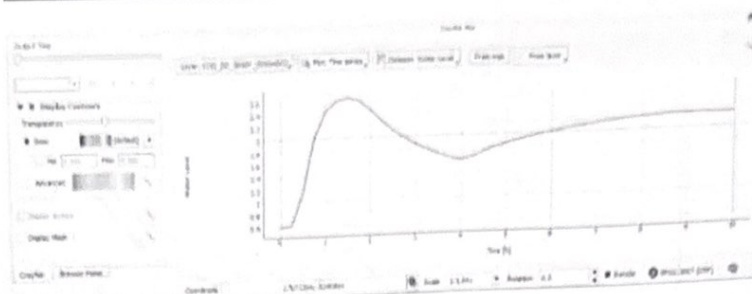


Рис.1

Для визуализации данных нам не хватает расстояния и времени.

Для начала скачаем вектор реки из OpenStreetMap с правильной системой координат (EPSG:4326) и разбиваем вектор на точки

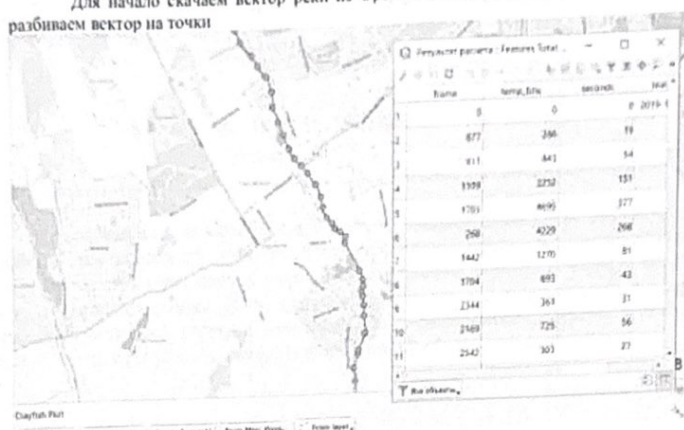


Рис.2

Находим расстояния между точками на карте отнимая значения предыдущей от нынешней. В результате получаем столбец *temp_btm*.

В формуле расчета скорости селевого потока нам требовались значения уклона. Приступим к определению уклона.

Уклон - показатель крутизны склона; отношение длины на местности к проекции этой линии на горизонтальную плоскость. Иными словами, величина уклона равна тангенсу угла между величиной подъема склона и горизонталью.

За карту местности возьмем данные с SRTM на нашу местность и сразу же сделаем из нее карту уклонов. Для этого в Qgis предусмотрен инструмент "Крутизна".



Рис.3

Далее нам нужно чтобы нашим точкам в таблице атрибутов было добавлено значения раstra т. е значение крутизны. Для этого используем плагин *Point sampling tool*. Теперь к точкам присвоено значения подстилающего раstra.

Так как у нас есть все переменные приступаем к нахождению скорости селевого потока по формулам (1), (2), (3) и другим формулам (Херхеулидзе, Срибного упрощенная и с переменной плотностью). Теперь построим график.

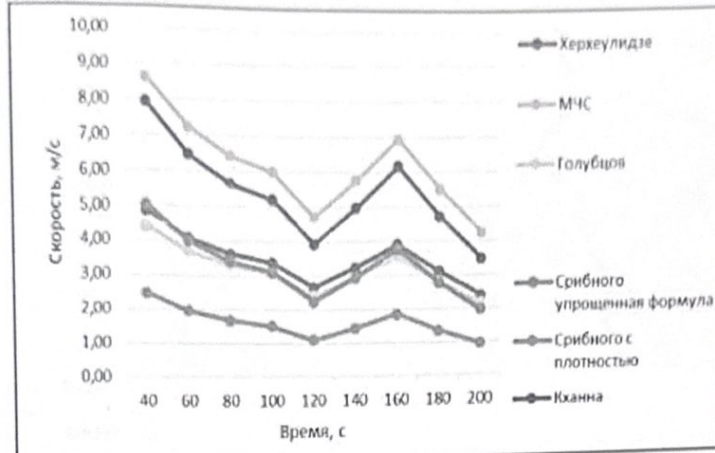


Рис.4

По графику можно сказать что, формула, предложенная МЧС, дает самые высокие значения скорости селевого потока по всем объектам исследования. На рек. Каргалинка значения скорости изменялись от 4 м/с до 10,2 м/с. Значения, полученные по формулам Голубцова и Херхеулидзе оказались между собой довольно близки. Голубцов занимался селями на территории Казахстана, а Херхеулидзе на территории Грузии. Самые низкие значения скорости дает формула Голубцова для грязе-каменных потоков, а самые большие – формулы МЧС и Хканна. Разница в результатах по двум формулам Срибного незначительная.

4. Визуализация данных

Откроем таблицу атрибутов нашего слоя и создадим новую колонку с названием seconds (единицей времени примем секунду). В калькуляторе полей создадим выражение S/V (или seconds = temp_bt看/speed)

Курсивная	speed	r1_dist	name	temp_bt看	seconds	real_time
1	5,2153084564...	11,8108198137...	1	0	0	2019-12-011
2	19,6738880137...	11,2880626903...	14432	877	206	19
3	1,83779125485...	11,5496626862...	14258	811	841	34
4	21,0875334086...	14,8914087775...	16508	1109	2252	151
5	19,3284381737...	12,4504711231...	21206	1783	4629	377
6	7,89125561523...	11,7685534080...	4232	268	4229	268
7	14,3786205408...	11,5854977549...	22476	1442	1270	81
8	1,31012022485...	11,9384787054...	27197	1784	893	43
9	2,74519100348...	11,7395956968...	27518	2344	361	31
10	2,58702274183...	11,0138917811...	28243	2989	725	36
11	2,79664471481...	11,2718048811...	28546	2542	301	27

Рис.5

Теперь на основе наших данных сделаем визуализацию

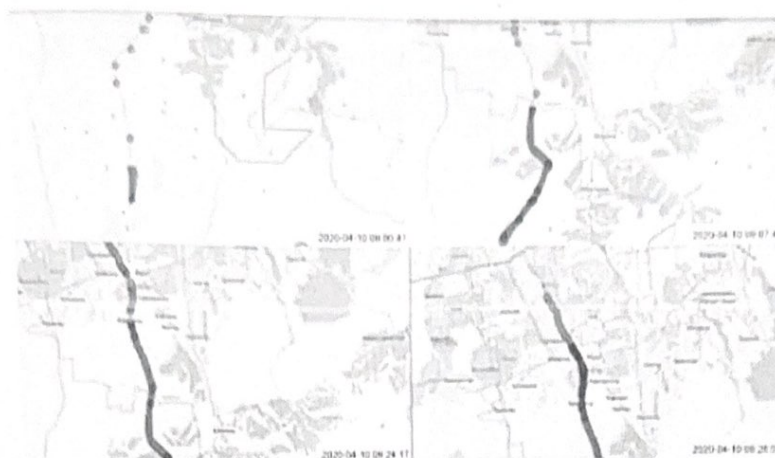


Рис.6

Заклучение

В результате проведенного исследования была выполнена оценка скорости и времени распространения селевого паводка по реке Каргалынка с использованием различных эмпирических формул (Голубцова, Херхеулидзе, Кхана, МЧС и др.). Выявлено, что полученные значения скорости существенно различаются в зависимости от используемой методики, что обусловлено как различиями в подходах, так и недостаточной изученностью процесса селеформирования.

Применение инструментов ГИС, включая цифровую модель рельефа, карту уклонов, расчёт расстояний и пространственный анализ, позволило создать геомодель распространения селевого паводка и визуализировать возможные сценарии развития чрезвычайной ситуации. Моделирование показало, что даже при незначительном различии в уклоне скорость потока может варьироваться в широких пределах, что критично при прогнозировании времени подхода селя к городской черте.

Полученные результаты подтверждают важность комплексного подхода с применением ГИС-технологий для оценки и моделирования селевых рисков в горных районах. В будущем целесообразно провести верификацию модели с использованием данных реальных наблюдений и экспериментальных исследований для повышения точности прогноза.

Использованная литература

1. А. В. Скворцов, П. И. Поспелов, А. А. Котов. Геоинформатика в дорожной отрасли. — А. В. Скворцов, 2005-07-05. — С. 129. — 252 с.
2. Ryosuke Arai1, Kazuyuki Ota1, Yasushi Toyoda1 and Takahiro Sato1. Development of a system for practical prediction of flood and debris flow throughout Japan, Japan
3. Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 5-й Международной конференции. Тбилиси, Грузия, 1-5 октября 2018 г. — Отв. ред. С. С. Черноморец, Г. В. Гавардашвили. —Тбилиси: Универсал, 2018, 671с.