РЕКОМЕНДАЦИИ

по методике и практике проведения мониторинга, оценки риска бедствий с использованием инновационных информационно-коммуникационных технологий

1. Вводная часть

Настоящие рекомендации выполнены в рамках проекта ОБСЕ «Совершенствование методики и практики проведения мониторинга, оценки риска бедствий с использованием инновационных информационно-коммуникационных технологий (ИКТ)» на основе анализа существующих международных методик и лучших практик проведения мониторинга селевой опасности и прорыва высокогорных озер. Учтены также результаты практики применения современных ИКТ в ходе реализации проекта, оценки и картировании селевых рисков, разработки ситуаций развития гляциальных селей, а также опыт ГУ «Казселезащита» МЧС РК и РГП «Казгидромет» в организации мониторинга гляциальной селевой опасности.

Настоящим проектом район исследований ограничен бассейном реки Улкен Алматы, как одним из наиболее селеопасных в регионе Иле Алатау. Здесь расположены прорывоопасные моренно-ледниковые озера, крупный и активный Кумбельский селевой очаг, долина реки освоена и интенсивно используется в хозяйственной деятельности.

В настоящее время понятие (определение, термин) мониторинг природных чрезвычайных ситуаций, к числу которых относятся и гляциальные сели, ни в Законе РК «О гражданской защите» (от 11 апреля 2014 года № 188-V 3РК с изменениями и дополнениями по состоянию на 14.07.2022 г.), ни в других нормативных правовых документах более низкого уровня, не отражено.

В Законе «О гражданской защите» Кыргызстана (*om 24 мая 2018 года*) мониторинг и прогнозирование чрезвычайных ситуаций определены как «совокупность мер по наблюдению, анализу, оценке состояния и изменения природных, техногенных процессов, явлений и прогнозированию их развития, направленных на предупреждение чрезвычайных ситуаций».

Словарь терминов МЧС России (2010 г.) определяет мониторинг и прогнозирование чрезвычайных ситуаций как мониторинг окружающей среды, опасных природных процессов и явлений и прогнозирование чрезвычайных ситуаций природного характера; мониторинг состояния безопасности зданий, сооружений, потенциально опасных объектов и прогнозирование техногенных чрезвычайных ситуаций.

Понятия о мониторинге природных опасностей, которое интересует нас в данном исследовании, не унифицировано ни в странах СНГ и не в структуре ООН, но, тем не менее, включает большое разнообразие толкований. Многие исследователи полагают необходимым включать в состав мониторинга информирование, краткосрочное оповещение, а также обучение населения.

В этой связи, при разработке данных рекомендаций мы остановились на терминах, широко используемых в практике научно-исследовательских организаций и соответствующих государственных служб Казахстана.

Под термином мониторинг гляциальной селевой опасности в рамках настоящего исследования понимается комплекс мер по наблюдению, анализу, оценке и предупреждению (информированию) о селевых потоках в целях обеспечения безопасности населения, хозяйственных объектов, сокращения материальных и социально-экономических ущербов.

Сам по себе прогноз природных явлений требует использование апробированных моделей, аппроксимируемых удобными для практического использования математическими формулами. В случае с гляциальными прорывными селями, чему и посвящен проект ОБСЕ, такие модели еще не созданы. Имеющиеся разработки не апробированы и в силу крайней недостаточности исходных данных не могут быть использованы на практике. По этой причине прогноз, в вышеприведённом абзаце, заменён нами на оценку селеопасности: сценарии формирования гляциальных селей.

Результаты выполненных оценок формирования гляциальных селей, полученные нами в ходе реализации настоящего проекта, обнадеживают, соответствуют международным исследованиям и могут быть рекомендованы для практического использования в других селеопасных районах Казахстана.

2. Рекомендуемая структура мониторинга гляциальной селевой опасности

Система мониторинга селевой опасности включает следующие основные элементы:

- наземный мониторинг, на базе действующих сезонных постов наблюдения;
- наземные специализированные обследования селеопасных территорий;
- аэровизуальный мониторинг с использованием вертолетов;
- аэровизуальный мониторинг с использованием БПЛА;
- автоматизированный мониторинг на базе автоматических постов наблюдения;
- дистанционный аэрокосмический мониторинг;
- сбор, передача и анализ текущей информации о состоянии селеопасных объектов (моренно-ледниковые озера, селевые русла и очаги);
- оценка селеопасности: сценарии формирования гляциальных селей;
- информирование, согласно установленной схемы передачи информации, за-интересованных государственных органов и населения.

2.1. Наземный мониторинг

Наземный мониторинг гляциальной селевой опасности осуществляется на базе сезонных постов наблюдения, размещающихся непосредственно вблизи селеопасных объектов: моренно-ледниковых прорывоопасных озер, селевых русел и селевых очагов. Прорывоопасные моренно-ледниковые озера располагаются вблизи или в прямом контакте с языками ледников, а также на поверхности современных морен. Наблюдатели сезонных постов, проводят наблюдения по утвержденным программам за текущим состоянием прорывоопасных моренно-ледниковых озер, включающим фиксацию уровней, температуры и расходов воды. Отмечается также состояние озерных плотин, изменение подземных путей стока.

Аналогичные наблюдения ведутся на селеопасных реках, руслах и селевых очагах. Программы наблюдений на всех сезонных постах включают также измерение таких параметров, как температура воздуха, количество и вид атмосферных осадков. Посты снабжены надлежащими приборами измерения, контроля компонентов окружающей среды, а также передачи данных на пункты сбора и обработки информации и далее, к примеру в регионе Иле Алатау, на ГДП (главный диспетчерский пункт) ГУ Казселезащиты и ситуационный центр Департамента ЧС города Алматы.

Основная задача мониторинга на сезонных постах – своевременная передача чрезвычайной информации в случае начала прорыва озера или обрушения современной морены.

Период действия наземных сезонных постов охватывает, как правило, только летний, селеопасный период. Общая численность сезонных и круглогодичных постов ГУ Казселезащита в горных районах Казахстана - более 130.

2.2. Наземные специализированные обследования

Наземные специализированные обследования селеопасных территорий составляют весомую часть системы мониторинга гляциальной селевой опасности. Как правило, такие обследования выполняются по следам прошедших селей, для точного выявления причин и определения количественных характеристик прорывных явлений на моренно-ледниковых озерах и параметров возникших прорывных паводков и гляциальных селей.

Результаты подобных обследований, выполненные ранее специалистами Казгидромета, Казселезащиты, Института географии позволили получить уникальную информацию и создать базу для лучшего понимания и получения количественных параметров процессов, вызывающих прорывы моренно-ледниковых озер и формирование гляциальных селей.

Важные результаты могут дать наземные обследования для уточнения ситуации, полученной при других видах мониторинга, дать характеристику водному режиму и особенностям строения водоудерживающих плотин озер.

Необходимым элементом наземных специализированных обследований являются выполнение геодезических и батиметрических съемок озерных котловин, необходимых для определения параметров прорывных паводков. Неотъемлемой частью обследований служат геодезические съемки в селевых руслах для выявления максимальных уровней прошедших паводков или селей. Существенную помощь в современных условиях при обследованиях могут оказать современные методы мониторинга, с использованием БПЛА, программ построения моделей цифрового рельефа, сканеров и приборов с использованием системы GPS при выполнении батиметрических измерений и съемок рельефа современных морен, окружающих озера. Эти методы будут описаны подробнее ниже в соответствующих разделах рекомендаций.

2.3. Аэровизуальный мониторинг

Аэровизуальные обследования селеопасных горных районов в последние несколько десятилетий являются неотъемлемой частью системы мониторинга гляциальной селевой опасности в Казахстане.

Если на начальном этапе была попытка использовать для аэровизуальных исследований самолеты, то с учетом сложных горных условий и необходимости более детального осмотра объектов, от них пришлось отказаться в пользу вертолётов.

Как показала практика, для этих целей можно использовать как марки вертолетов семейства МИ-8, так и других более компактных авиамашин зарубежных компаний с достаточной высотой полетов, вроде Eurocopter и пр.

Главная задача облета, стоящая как перед экипажем вертолета, так и перед наблюдателями – обеспечить наиболее удобный ракурс для съемок селеопасных объектов и наблюдения. Обычно для условий Иле Алатау аэровизуальные обследования выполняются на высотах не выше 4000 м, что при повторных залетах в горную долину или цирк дает возможность детально осмотреть и заснять интересующие объекты, расположенные существенно ниже водораздела, с максимальной четкостью.

Следует отметить, что благодаря аэровизуальным обследованиям были выявлены десятки селеопасных объектов, что позволило впоследствии целенаправленно выполнить наземные специализированные обследования.

Кроме этого практика показала, что своевременное выявление появления новых, ранее неизвестных озерных водоемов на современных моренах у ледников, может являться важным прогностическим признаком их скорого прорыва. Так были заранее предупреждены несколько опасных прорывов моренно-ледниковых озёр в Иле Алатау, что позволило своевременно принять мер по защите населения и объектов.

2.4. Аэровизуальный мониторинг с использованием БПЛА

Самый современный и эффективный метод выполнения аэровизуальных обследований – применение беспилотных летающих средств (БПЛА).

Указанный метод выполнения мониторинговых аэровизуальных исследований в настоящее время является наиболее современным, перспективным и эффективным. Важно отметить, что он претерпевает существенные улучшения даже в те несколько лет, как он стал применяться в Казахстане. Появляются новые модификации БПЛА, более современное и продвинуто оборудование видеоконтроля и программное обеспечение обработки полученной информации.

Полученные видео- и фотоматериалы в результате съемок с БПЛА селеопасных объектов позволяет получить огромный объём информации, позволяющей построить реальные цифровые модели рельефа местности с географическими координатами и высотными отметками интересующих точек водного объекта или рельефа. Это все позволяет отказаться от долговременных и затратных геодезических работ при подготовке картографического материала и получении количественных характеристик по водным объектам и водоудерживающим моренным плотинам озёр.

Высокая эффективность применения БПЛА в высокогорьях Казахстана обусловлена тем, что беспилотный аппарат способен в условиях разряженного воздуха и полного отсутствия интернета выполнять поставленные задачи, в том числе по построению ортофотоплана и 3D модели рельефа местности. Высокотехнологичная навигационная система позволяет установить в автоматическом режиме устойчивую связь с необходимым количеством спутников (не менее 12 спутников) на высоте более 3 тыс. метров над уровнем моря.

Применение БПЛА может оказать значительную помощь при проведении специальных наземных обследований, описанных ранее в разделе 2.2.

2.5. Автоматизированный мониторинг

Автоматизированный мониторинг осуществляется на базе использования автоматических постов, снабженных системами датчиков контроля состояния окружающей

обстановки, системами жизнеобеспечения, сбора и передачи информации, физической защиты объектов.

Автоматические посты размещаются в непосредственной близости от объекта наблюдения. Для высокогорных моренно-ледниковых озер - вблизи акватории озера подбирается площадка, отвечающая наилучшему расположения датчиков контроля, требованиям по уверенной радиотелефонной связи с приемными пунктами (диспетчерскими), систем жизнеобеспечения (аккумуляторы или солнечные панели).

Для селевых русл – автоматические посты располагаются на склоне, относительно прямолинейного участка селеопасной реки, выше отметок максимального уровня прошедших селей. Конструктивы и комплектация таких постов не отличаются существенно от автоматических постов, установленных на моренно-ледниковых озерах.

Датчики автоматических постов осуществляют контроль за гидрологическими характеристиками (уровни и расходы воды), температурами воздуха и воды, атмосферными осадками, сейсмической обстановкой (для контроля возможных обрушений на озерных плотинах). Помимо управления работой системы датчиков посты снабжены видеокамерами, что позволяет осуществлять постоянный видеоконтроль состояния сопряженной с постом территории.

Основная задача автоматических постов, помимо сбора и передачи информации о состоянии компонентов окружающей среды - фиксация формирования прорыва озера или прохождения селевого потока по руслу и своевременная передача сигнала опасности в пункты принятия решений.

2.6. Дистанционный аэрокосмический мониторинг

Ещё во второй половине XX века основу дистанционного мониторинга составляли аэрофотосъёмки, выполнявшиеся с самолетов, оборудованных специальной съёмочной аппаратурой. Этот метод имел целый ряд недостатков, которые отразились на его ограниченном использовании для мониторинга гляциальных селей.

Здесь можно отметить высокую стоимость и невозможность выполнения аэрофотосъёмок (АФС) достаточно часто, чтобы выявить изменения в обстановках и состоянии моренно-ледниковых озер. Обычно такие съёмки заказывались редко, применительно к конкретным случаям образования селей. Кроме того, полученные снимки, при их отличном разрешении, требовали трансфокации и создания фотопланов, по которым можно было производить измерения размеров объектов. Тем не менее, применение АФС позволило получить важные количественные характеристики по основным селевым очагам Иле Алатау, а также зафиксировать наличие моренно-ледниковых озер на определенный период.

Дальнейшее развитие дистанционных методов зондирования связано с использованием космических аппаратов для проведения съёмок поверхности Земли. В настоящее время широко используются космические снимки земной поверхности, предоставляемых различными компаниями и организациями такими, как Landsat, Sentinel, Google Earth и др., а также комплекс геоинформационных программных продуктов ArcGis американской компании ESRI, результаты Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) — международного исследования, в ходе которого были получены цифровые модели рельефа в почти глобальном масштабе от 56° Ю.Ш. до 60° С.Ш.

По заказу космические снимки заданной территории может предоставить также АО «Национальный Центр космических исследований и технологий» Аэрокосмического

комитета, Министерства цифрового развития, инноваций и аэрокосмической промышленности Республики Казахстан.

Космические снимки позволяют выявлять селеопасные объекты (моренно-ледниковые озера и селевые очаги, врезы) на обширных горных территориях, проводить измерения их размеров, что при условии использования повторных съемок, дает возможность определить динамику их изменений. С помощью космических снимков выполняются картографические работы – создание Атласов, специализированных карт селеопасных территорий республиканского и регионального уровня различных масштабов.

2.7. Сбор, передача и анализ текущей информации

Одним из определяющих элементов системы мониторинга гляциальной селевой опасности является сбор, передача и анализ текущей информации о состоянии селеопасных объектов (моренно-ледниковые озера, селевые русла и очаги). Если первоначально сбор и передача информации о контролируемых компонентах окружающей среды и состоянии селеопасных объектов осуществляется автоматически на автоматизированных постах наблюдения и контроля за путем постоянного опроса датчиков, то после передачи указанной информации на диспетчерские пункты и пункты принятия решений (ГДП и ситуационный зал Департамента ЧС г. Алматы) происходит формирование и развитие базы данных, а также анализ складывающейся ситуации в горах.

Постоянное накопление текущих данных (количественные характеристики и фото-видеоматериалы) создает основу для анализа развития ситуаций в селеопасных районах, выявление тенденций изменения гидрометеорологических и геологических параметров, компоненты которых являются предметом мониторинга.

В случае поступления сигналов о прорыве моренно-ледниковых озер и формирования селей в контролируемых речных створах далее происходит информирование компетентных государственных органов, СМИ, общественности и населения согласно утвержденным схемам.

2.8. Оценка селеопасности: сценарии формирования гляциальных селей

Как отмечено выше в разделе 1 настоящих рекомендаций, многие исследователи рассматривают прогноз природных чрезвычайных ситуаций, к которым относятся и гляциальные селевые потоки, как составную часть системы мониторинга, что нашло соответствующее отражение в применяемой терминологии. В связи с тем, что проблема прогноза прорывных гляциальных селей до сих пор не решена, а имеющиеся разработки, модели, математические формулы не апробированы, то в рамках настоящего проекта разработчики сочли вместо термина «прогноз», использовать термин «оценка». Как будет показано ниже, это определение вполне соответствует задачам проекта, а также современному уровню понимания процессов, происходящих в гляциальной зоне, вызывающих прорывы моренно-ледниковых озер.

Как показывает практика, процессы ответственные за условия заполнения озерных котловин вследствие перекрытия подземных каналов стока, характер истечения озерных вод при прорывах, просадки, обрушения и сдвиги талых моренных грунтов на плотинах озер, скрыты от прямых наблюдений. Именно этим объясняется отсутствие количественной информации, необходимой для создания рабочих моделей прорывов конкретных озер. Не меньшую сложность имеют модели формирование грязекаменных

потоков в селевых очагах, которые помимо расчета водной составляющей, должны оперировать многими определяющими факторами, касающихся нарушения устойчивости грунтов, увлажненности потенциальных селевых массивов, геометрии врезов и др.

Именно по указанным причинам в настоящие рекомендации, как элемент системы мониторинга, включена оценка селеопасности, основанная на разработке сценариев прорывов моренно-ледниковых озер и формирования гляциальных селей. Подробно этот вопрос раскрыт в третьем разделе. Ниже приведем только основные моменты и расчетные эмпирические формулы, полученные разработчиками для условий Иле Алатау.

Выделены три основных механизма прорывов моренно-ледниковых озер:

- поверхностный по открытым ледовым каналам;
- подземный по ледовым туннелям (гротам, каналам стока);
- поверхностный по проранам в талых массивах современных морен.

Ниже приведены расчетные формулы, полученные эмпирическим путем на основе данных непосредственных наблюдений за прорывами озер (Taбл. 1).

Таблица 1. Рекомендуемые формулы для расчёта максимальных прорывных расходов моренно-ледниковых озер.

| Nº | Механизмы прорывов моренно-ледниковых озер | Формулы для расчета максимальных прорывных расходов |
|----|--|---|
| 1 | Поверхностный по открытым ледовым каналам | $Q_{max} = \lambda F$, где Q_{max} – максимальный прорывной расход, м³/с; λ – интенсивность протаивания канала, (для Иле Алатау 0,00017) м/с; F – максимальная площадь озера, м². |
| 2 | Подземный по ледовым туннелям | Q_{max} = 75 (V/10 ⁶) ^{0,67} , где Q_{max} – максимальный прорывной расход, м ³ /с; V – объём озера, м ³ . |
| 3 | Поверхностный по проранам в талых массивах современных морен | $Q_{\rm max}$ = 0,0048 $V^{0,896}$, где $Q_{\rm max}$ – максимальный прорывной расход, м 3 /с; V – объем озера, м 3 . |

Одним из наиболее важных вопросов при оценке возможных катастрофических последствий прорывов моренно-ледниковых озер является обусловленность формирования максимальных расходов селевых потоков на выходе из очагов селеобразования пиковыми расходами прорывных паводков на входе в указанные очаги. Ситуация осложняется также тем, что, как правило, возникновение селевого вреза или его значительное углубление, сопровождается оползнями и обвалами рыхлообломочных переувлажненных грунтов по бортам врезов из-за резкого снижения уровня подруслового стока и потери устойчивости грунтов. Зачастую эти процессы продолжаются несколько дней.

Для адекватной оценки связи между прорывными расходами и сформированными ими селями были приняты в расчет только те случаи, когда были четко установлены параметры прорывных паводков, а максимальные селевые расходы измерялись инструментальным методом в створах непосредственно ниже селевых очагов (врезов).

По данным пиковых прорывных расходов и максимальных расходах гляциальных селей на выходе из селевых очагов установлена корреляционная связь, определяемая следующей формулой:

 $Q_{\text{селя}} = 18,925Q_{\text{паводка}}$

где $Q_{\text{селя}}$ - максимальный расход селевого потока на выходе из селевого очага, м 3 /с; $Q_{\text{паводка}}$ - максимальный расход прорывного паводка, м 3 /с.

Рекомендованный к использованию, достаточно простой математический аппарат, дает возможность оценить гляциальную селевую опасность в конкретных речных бассейнах с ледниковым питанием. Алгоритм выполнения оценки селеопасности и разработки конкретных сценариев формирования гляциальных селей в настоящем случае можно представить очередностью следующих операций:

- 1. Используя результаты наземного, аэровизуального и аэрокосмического мониторингов, выявляются наиболее опасные моренно-ледниковые озера исходя из генезиса и размеров водоемов.
- 2. Опираясь на рекомендованные формулы, выполняется расчет возможных прорывных паводков для конкретных озер.
- 3. Используя полученную связь между максимальными расходами прорывных паводков и селевых потоков на выходе из селевых очагов, получают значения возможных максимальных расходов гляциальных селей в долинах интересующих рек.

2.9. Информирование, согласно установленной схемы передачи информации, заинтересованных государственных органов и населения

На основе полученных результатов по разработке сценариев формирования гляциальных селей, происходит информирование компетентных государственных органов, заинтересованных организаций. Подобная информация представляет собой оценку параметров (упрощенный прогноз) гляциальных селей для конкретных речных бассейнов и может служить основанием для разработки комплекса защитных мероприятий и принятия неотложных мер. Существующие предложения по фоновому прогнозу гляциальных селей опираются в основном на метеорологические и отдельные гидрологические факторы. Фоновый прогноз может выдаваться на обширный регион без конкретного указания места и времени возможного формирования селей, что резко снижает эффективность таких прогнозов.

Под информированием населения понимается процедура раннего оповещения о селевых потоках. Подобная процедура в течение многих лет апробирована для региона Иле Алатау. Еще в 1960-х г.г. на реках региона действовала система радио-оповестителей селей (РОС). В случае прохождения селя по долине реки и физического контакта с датчиками поста РОС, сигнал опасности передавался на диспетчерские пункты. В настоящее время эта система устарела и заменена на сеть автоматических постов.

При срабатывании автоматики на прорыв озера или прохождение селя по долине реки, происходит передача чрезвычайной информации в установленном порядке. Оповещение об угрозе селя для населения осуществляется уполномоченным органом с использованием средств раннего оповещения и задействования возможностей каналов радиотелевидения и СМИ.

2.10. Предложение по инженерной защите объектов

Учитывая высокую селевую опасность долины р. У. Алматы, наличие производственных и социальных объектов, большого количества населения в селеопасной зоне, учеными Института географии и водной безопасности МОН РК в 2018 году внесено предложение о создании перехватывающей селезащитной плотины в створе р. Аюсай, одобренное ДЧС г. Алматы.

Создание плотины позволяет снизить угрозу селей для населения и многих хозяйственных объектов на участке от предлагаемой плотины до основной плотины-селеуловителя на р. У. Алматы. В то же время, строительство предлагаемой плотины полностью не снимает опасность селевых потоков, поскольку сохраняются объекты, расположенные в верхней части долины реки. Кроме того, нижерасположенные объекты также могут оказаться под воздействием послеселевого паводка, пропущенного водосбросными сооружениями строящейся плотины, а также возможных ливневых селей в долине р. Проходной (левого притока р. У. Алматы).

3. Примеры практического применения действующей методики для оценки селевой опасности и разработки сценариев возможных чрезвычайных ситуаций в долине р. Улкен Алматы

Бассейн реки Улкен Алматы располагается в центральной части северного склона хребта Иле Алатау и представляет собой территорию с активным проявлением чрезвычайных ситуаций природного характера, из которых в настоящее время наибольшую опасность представляют гляциальные сели, возникающие при прорывах морено-ледниковых озер (МЛО). Бассейн реки У. Алматы - один из наиболее селеопасных районов Казахстана.



Рисунок 1. Схема бассейна реки Улькен Алматы.

Река У. Алматы состоит из трех составляющих - рек Кумбелсу, Озерной и Проходной, начинающихся из зоны современного оледенения на высотах свыше 4000 м. Река Озерная блокируется Большим Алматинским озером с селезащитным сооружением на гребне ее плотины, что позволяет перехватывать все селевые проявления, формирующиеся на этой территории. Река Проходная представляет меньшую опасность, и возможные сели, вероятнее всего ливневого характера, будут остановлены основной плотиной-селеуловителем на р. У. Алматы с емкостью селехранилища около 14 млн. м3 (*Puc.* 1).

Особую опасность представляет река Кумбелсу, где расположен крупный селевой очаг (Кумбелский селевой врез), прорывоопасные морено-ледниковые озера, достаточно крупные ледники, мощный комплекс современных морен. Здесь сформировалось несколько селей ливневого и оползневого характера в 1950, 1981, 1988, 2003, 2006, годах, гляциальный сель 1975 года, а также выдающийся по своим параметрам катастрофический гляциальный сель прорывного характера в 1977 году.

3.1. Сценарии прорывов МЛО для верховий р. Кумбелсу

Исходя из теоретического и методического обоснования расчетов пиковых (максимальных) расходов при различных механизмах прорывов МЛО можно рассчитать различные сценарии прорывов озер для конкретного района верховий р. Кумбелсу.

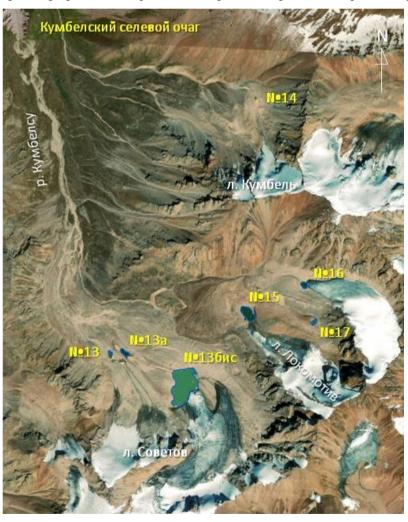


Рисунок 2. Современное состояние МЛО в верховьях р. Кумбелсу.

За прошедший период после 1977 года ледники в районе активно сокращались. Ледник Советов разделился на несколько ледовых потоков, у правой ветви которого на высоте 3420 м абс. появилось активно развивающееся озеро, получившее наименование №13-бис. Выше по профилю морены появились также озера №№ 14, 15 и 16 (*Puc. 2*).

При оценке прорывоопасности существующих морено-ледниковых озер (МЛО) решающим фактором выступает объем водной массы, содержащийся в озерных котловинах. Ниже приведены основные морфометрические характеристики МЛО, расположенных в пределах современных морено-ледниковых комплексов (*Табл.* 1).

| Номер озера | Год измерения | Площадь, м² | Объем, м ³ |
|-------------|---------------|-------------|-----------------------|
| №13 | 2011 | 5100 | 5650 |
| № 13-бис | 2022 | 57570 | 154500 |
| №14* | 1975 | 2000 | 4000 |
| №15 | 2017 | 7900 | 22000 |
| №16 | 2011 | 2000 | 2900 |

Таблица 1. Площади и объемы МЛО в бассейне р. Кумбелсу

Примечание:*Озеро прорывалось в 1975 г. сейчас котловина пустует.

Следует отметить, что озеро №13, прорвалось в 1977 г. в результате чего перемычка была полностью разрушена, и сейчас представляет собой временно заполняющийся водоем незначительного объема. МЛО №15 по приведенной выше схеме, в силу также незначительного объема и массивной озерной плотины может представлять опасность в дальнейшем, при условии развития его озерной котловины. В настоящее же время возможность его катастрофического опорожнения отсутствует.

Исходя из этого, рассмотрим сценарии возможного прорыва только МЛО №15 и №13-бис с возможным образованием гляциальных селей.

3.2. Сценарии возможного прорыва озера №15

3.2.1. Прорыв озера №15 по открытому ледовому каналу

Расчет пикового (максимального) расхода с предложенным механизмом опорожнения озера №14 производится по формуле (1), приведенной в разделе 2.1 настоящего отчета. В этом случае при площади водной поверхности 7900 м² и интенсивности прота-ивания открытого ледового канала 0,612 м/час максимальный расход при опорожнении озерной котловины составит:

$$Q_{\text{max}} = \lambda F = 0.00017 \text{ m/c} \cdot 7900 \text{ m}^2 = 1.34 \text{ m}^3/\text{c}$$

где Q_{max} – максимальный расход воды, м 3 /с; λ - интенсивность протаивания канала, м/с; F – максимальная площадь водного зеркала, м 2 .

3.2.2. Прорыв озера №15 подземным путем по ледовому туннелю

Для случая механизма прорыва озера по ледовому туннелю расчёт выполнен по формуле (2) из раздела 2.2 настоящего отчета.

$$Q_{\text{max}} = 75 \text{ (V/106)}_{0.67} = 75 \cdot (22000/106)_{0.67} = 5.81 \text{ m}^3/\text{c}$$

где Q_{max} – максимальный расход воды, м 3 /с; V – объем озера, м 3 .

3.2.3. Прорыв озера №15 по прорану в талом массиве

При реализации механизма прорыва озера поверхностным путем по прорану в талом массиве расчёт производится по формуле (9) из раздела 2.3 настоящего отчета.

$$Q_{\text{max}} = 0.0048 \text{ V}^{0.896} = 0.0048 \cdot 22000^{0.896} = 37.33 \text{ m}^3/\text{c}$$

где Q_{max} – максимальный расход воды, м 3 /с; V – объем озера, м 3 .

Исходя из предложенных сценариев, опасность прорыва озера №15 может возникнуть только в случае опорожнения озерной котловины подземным путем по ледовому туннелю, либо поверхностным путем - по прорану в талом массиве. В обоих случаях в Кумбелский селевой очаг поступят расходы воды, многократно превышающие обычный бытовой сток, составляющий обычно около 1 м³/с, что послужит началом процесса селеобразования. Однако вследствие относительно незначительного объема прорывного паводка ожидать на выходе из селевого очага катастрофического селевого потока не приходится.

Исходя из полученной корреляционной связи, между расходами прорывных паводков и селевыми расходами, на выходе из Кумбельского селевого очага максимальные расходы селевых потоков могут составить:

по сценарию 3.2.2 – **110** м³/с;

по сценарию 3.2.3 – **706** м³/с.

Объем селевой массы, ориентировочно до 300 тыс. м³ по сценарию 3.2.3, отложится по долине реки У. Алматы на участке ещё до основной плотины-селеуловителя.

3.3.Сценарии возможного прорыва озера №13-бис

В силу характера развития и своих размеров озеро№13-бис представляет наибольшую угрозу и его прорыв способен сформировать катастрофический гляциальный сель в долине р. У. Алматы (Рис. 11).

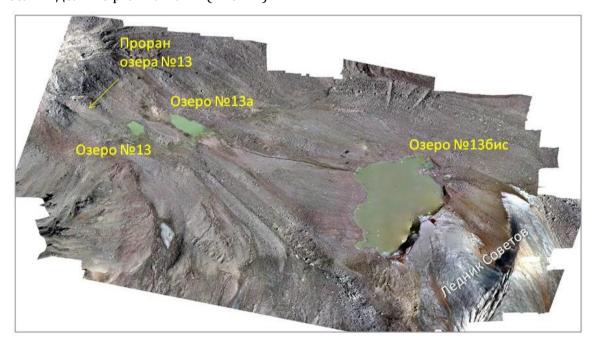


Рисунок 3. Обстановка в районе МЛО №13-бис.

3.3.1. Прорыв озера №13-бис по открытому ледовому каналу

Расчет пикового (максимального) расхода с предложенным механизмом опорожнения озера №13-бис производится по формуле (1), приведенной в разделе 2.1 настоящего отчета. В этом случае при площади водной поверхности 37200 м² и интенсивности протаивания открытого ледового канала 0,612 м/час максимальный расход при опорожнении озерной котловины составит:

$$Q_{max} = \lambda \cdot F = 0.00017 \text{ m/c} \cdot 57570 \text{ m}^2 = 9.79 \text{ m}^3/\text{c}$$

где Q_{max} – максимальный расход воды, м 3 /с; λ - интенсивность протаивания канала, м/с; F – максимальная площадь водного зеркала, м 2 .

3.3.2. Прорыв озера №13-бис подземным путем по ледовому туннелю

Для случая механизма прорыва озера по ледовому туннелю расчёт выполнен по формуле (2) из раздела 2.2 настоящего отчета.

$$Q_{\text{max}} = 75 \text{ (V/10^6)}^{0.67} = 75 \cdot (154500/10^6)^{0.67} = 21.46 \text{ m}^3/\text{c}$$

где Q_{max} – максимальный расход воды, м³/с; V – объем озера, м³.

3.3.3. Прорыв озера №13-бис по прорану в талом массиве

При реализации механизма прорыва озера поверхностным путем по прорану в талом массиве расчёт производится по формуле (9) из раздела 2.3 настоящего отчета.

$$Q_{\text{max}} = 0.0048 \text{ V}^{0.896} = 0.0048 \cdot 154500^{0.896} = 214.0 \text{ m}^3/\text{c}$$

где Q_{max} – максимальный расход воды, м³/с; V – объем озера, м³.

Исходя из предложенных сценариев, опасность прорыва озера №13-бис может возникнуть в случае опорожнения озерной котловины даже по относительно безопасному механизму истечения по открытому ледовому каналу. При поступлении в Кумбелский селевой очаг прорывного паводка по сценарию 3.3.1 с максимальным расчетным расходом (9,79 м³/с), что почти на порядок превышает бытовой расход реки, на выходе из селевого очага образуется локальный селевой поток с расходами порядка до 185 м³/с.

При прорыве озера №13-бис по сценарию 3.3.2 по ледовому туннелю (пусковой расход 21,46 м³/с) может сформироваться сель средней мощности до **407** м³/с.

В случае прорыва озера №13-бис по сценарию 3.3.3 (по прорану в талом массиве) сложатся наихудшие условия: в Кумбелский селевой очаг поступит огромный прорывной паводок, расход которого на два порядка превышает обычный (бытовой) сток (214,0 м³/с). Вследствие мощного, значительного по объему и продолжительности истечения прорывного паводка, на выходе из Кумбельского селевого очага сформируется катастрофический гляциальный сель с максимальным расходом до 3961 м³/с.

По аналогии с прошедшим ранее селем 1977 г., объем катастрофического гляциального селя может составить порядка 2,0-2,5 млн. м³, что угрожает всем объектам, расположенным в селеопасной зоне. Объем селевой массы отложится в долине реки и в селехранилище основной плотины-селеуловителя на р. У. Алматы.

3.4. Интерактивная карта селевого риска

Трехмерное моделирование бассейна р. Улкен Алматы в программном продукте RAMMS с использованием высокоточной глобальной цифровой модели рельефа (ЦМР)

компании Airbus с разрешением 24 м. позволило выявить пути движения и границы распространения селей. Данные моделирования были сопоставлены с данными многолетних наблюдений за селями, проводимых Казгидрометом, Казселезащитой и Институтом географии, а также по следам прохождения селей и распространения селевых отложений.

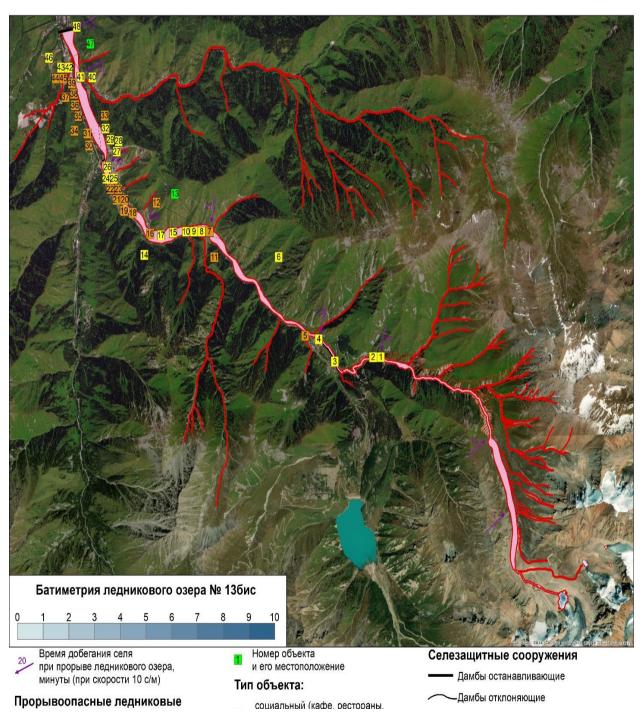


Рисунок 4. Карта селевого риска бассейна р. Улкен Алматы

Выявление объектов, подверженных воздействию селей, осуществлялось путем наземного обследования. Для каждого объекта определялись географические координаты, назначение объекта, оценивалась мощность селя, который может воздействовать на объект, рассчитывалось расстояние объекта от ледникового озера и время добегания

селя при прорыве ледникового озера. По итогам обследований составлен перечень объектов, подверженных воздействию селей, и интерактивная инвентаризационная карта на основе ГИС-технологий с использованием космического снимка высокого разрешения и компьютерной программы ArcGis. Предложены рекомендации по защите объектов и очередности переноса из селеопасной зоны в случае необходимости.

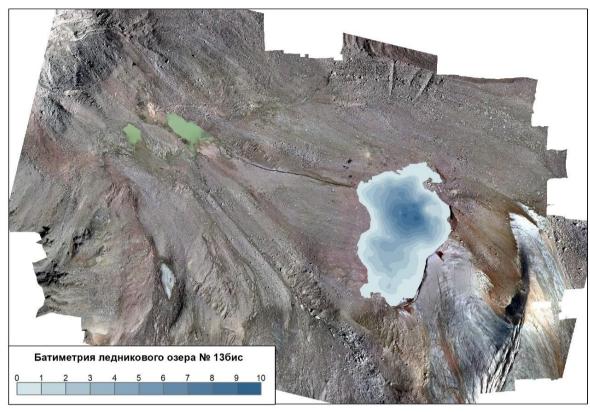
По назначению все объекты разделялись на социальные, производственные, инфраструктурные, защитные, экологические. К социальным объектам относились жилые дома, гостиницы, магазины, рестораны и кафе, площадки и зоны для отдыха. К производственным объектам относились производственные помещения, гидротехнические сооружения, пункты мониторинга окружающей среды. Объектами инфраструктуры являются дороги, мосты, ЛЭП, газопроводы, водопроводы. Защитные сооружения представлены селезадерживающими, селенаправляющими и селепропускными сооружениями.

На территорию бассейна реки Улкен Алматы создана база данных, которая содержит информацию по 48 объектам, находящихся в зоне селевого риска. База данных создана в программе ArcGis в проекции GCS_WGS_1984. Каждый объект имеет X,Y,Z – координаты, помимо этого в базу вненесена информация об отдаленности объекта от источника селевого риска (Рис. 5). На каждый объект в базе прикреплена фотография для наглядности.

По этим данным построена интерактивная карта селевого риска с объектами, подверженными воздействию селей (Рис. 4). На рисунке 6 показана батиметрия съёмка озера №13бис за 15.08.2022г. Изобаты наложены на ортофотоплан, созданный в результате обработки данных съемки БПЛА.

В таблице 2 приведена база данных о селеопасных объектах.

сунок 5. Пример записи данных о селеопасном объекте в базе ГИС.



Pucy-

нок 6. Батиметрия озера №13 бис (состояние на 15.08.2022г.)

Таблица 2. Перечень селеопасных объектов в долине р. Улкен Алматы

| Nº | Наименование объектов | Расположение объектов | Высота (м абс.), коорди- наты | Назначение объектов | Расстояние от ледни- кового озера | Время добе- гания селя при про- рыве ледни- кового озера, (ми- нуты) |
|----|-----------------------------------|--------------------------|--|------------------------|--------------------------------------|---|
| 1 | Гидропост | Русло р. Кум- белсу | H 2189 м X 76°59′34″ Y 43°04′50″ | Производ- ственное | 7090 | 20 |
| 2 | Мост ж/б через р. Кумбелсу | Русло р. Кум- белсу | H 2187 м X 76°59'34" Y 43°04'50" | Инфраструк- тура | 7090 | 20 |
| 3 | Селезащитная дамба ГЭС1 ж/б | Русло р. Улкен Алматы | Н 1975 м X 76°58'45" Y 43°04'52" | Селезащитное | 8200 | 22 |
| 4 | Мост ж/б через р. Улкен Алматы | Русло р. Улкен Алматы | H 1932 м X 76°58'33" Y 43°05'02" | Инфраструк- тура | 9000 | 22 |

| 5 | Частный дом | Левый берег р. Улкен Алматы | Н 1904 м Х 76°58'19" Ү 43°05'04" | Социальное | 9350 | 23 |
|----|--|---|---|---------------------|-------|----|
| 6 | Дорога асфальтированная Алматы – Большое Алматинское озеро | Вдоль русла р. Улкен Алматы Длина 3,2 км | H1662-1904 M X 76°56'42" - 76°58'19 Y 43°06'04" - 43°05'04 | Инфраструк- тура | 9000 | 22 |
| 7 | База отдыха «Аю- сай» с юртами, кафе, аттракцио- нами, а/стоянкой | Конус выноса р. Аюсай | H 1654 м X 76°56'40" Y 43°06'07" | Социальное | 12500 | 27 |
| 8 | Опора ЛЭП 350 металлическая | Правый берег р. Аюсай | H 1668 м X 76°56'35" Y 43°06'04" | Инфраструк- тура | 12500 | 27 |
| 9 | Опора ЛЭП 350 металлическая | Левый берег р. Аюсай | H 1638 м X 76°56′25" Y 43°06′05" | Инфраструк- тура | 12500 | 27 |
| 10 | Мост ж/б через р. Аюсай | Русло р. Аюсай | Н 1631 м X 76°56'25" Y 43°06'07" | Инфраструк- тура | 12500 | 27 |
| 11 | Зона отдыха вдоль русла р. Аюсай | Вдоль русла р. Аюсай. Длина 700м | H 1611-1720 M X 76°56'18"- 76°56'39" Y 43°06'07" 43°05'54" | Социальное | 12500 | 27 |
| 12 | Зона отдыха вдоль русла реки Улкен Алматы с молодым лиственным лесом | Вдоль русла р. Улкен Ал- маты. Длина 4,5 км Ширина 50- 150 м | H 1425-1660 M X 76°54'52"- 76°56'39" Y 43°06'51" 43°06'11" | Социальное | 13900 | 29 |
| 13 | Молодой лист- венный лес | Пойма и террасы вдоль русла р. Улкен Алматы. Длина 4,5 км Ширина 50-150 м | H 1425-1660 M X 76°54'52"- 76°56'39" Y 43°06'51" 43°06'11" | Социальное | 13900 | 29 |
| 14 | Дорога асфальтированная Алматы-Большое Алматинское озеро | Вдоль русла р. Улкен Ал- маты. Длина 1,3 км | H 1510-1594- M X 76°55'19"- 76°56'08" Y 43°06'18" - 43°06'068" | Инфраструк- тура | 13900 | 29 |
| 15 | Мост ж/б через р. Улкен Алматы к коттеджам на правом берегу | Русло р. Улкен Алматы | Н 1537 м Х 76°55'37" Ү 43°06'08" | Инфраструк- тура | 13900 | 29 |

| 16 | Кафе «Apple Tau» | Правый берег р. Улкен Ал- маты | H 1539 м X 76°55'37" Y 43°06'10" | Социальное | 13900 | 29 |
|----|--|---|--|----------------------------|-------|----|
| 17 | Опора ЛЭП 35 деревянная | Левый берег р. Алматы | Н 1537 м X 76°55'37" Y 43°06'08" | Инфраструк- тура | 13900 | 29 |
| 18 | Кафе «Каусан Бу- лак» с юртами и аттракционами | Левый берег р. Алматы | H 1512 м X 76°55'22" Y 43°06'18" | Социальное | 14500 | 30 |
| 19 | Частные дома | Терраса на правом берегу р. Улкен Ал- маты | H 1491 м X 76°55'12" Y 43°06'22" | Жилой дом | 14990 | 30 |
| 20 | Служебный дом Казгидромета | Терраса на левом берегу р. Улкен Алматы | H 1484 м X 76°55'08" Y 43°06'25" | Жилой дом | 14990 | |
| 21 | Кафе «Молодеж- ный» | Терраса на левом берегу р. Улкен Алматы | H 1508 м X 76°55'09" Y 43°06'20" | Социальное | 14990 | |
| 22 | Кафе «Ак Орда» | Низкая тер- раса на левом берегу р. Ул- кен Алматы | H 1471 M X 76°55'02" Y 43°06'30" | Социальное | 14990 | |
| 23 | Площадки для отдыха | Левый берег р. Улкен Алматы | H 1474 м X 76°55'06" Y 43°06'27" | Социальное | 15160 | 31 |
| 24 | Вертолетная площадка | Левый берег р. Улкен Алматы | Н 1454 м X 76°54'59" Y 43°06'35" | Инфраструк- тура | 15160 | 32 |
| 25 | Мост ж/б через р. Улкен Алматы к поселку Кокшека | Русло р. Улкен Алматы | H 1445 м X 76°54'58" Y 43°06'39" | Инфраструк- тура | 15600 | 32 |
| 26 | Мост ж/б через р. Улкен Алматы к поселку Кокшека | Русло р. Улкен Алматы | H 1428 м X 76°54′53" Y 43°06′49" | Инфраструк- тура | 15600 | 32 |
| 27 | Селезащитная дамба ГЭС2 ж/б | Русло р. Улкен Алматы | Н 1424 м X 76°54'53" Y 43°06'52" | Селезащитное сооружение | 15600 | 32 |
| 28 | Гидротехниче- ские сооружения | Русло р. Улкен Алматы | Н 1418 м X 76°54'55" Y 43°06'55" | Производ- ственное | 15900 | 34 |
| 29 | Переход водо- провода через р. Улкен Алматы | Русло р. Улкен Алматы | H 1418 м X 76°54'55" Y 43°06'55" | Инфраструк- тура | 16066 | 34 |
| 30 | Парк развлече- ний «Парк юр- ского периода» | Левый берег р Улкен Алматы | H 1403 м X 76°54′52″ Y 43°06′60″ | Социальное | 16066 | 34 |
| 31 | Гостиничный, ресторанный и оздоровительный комплекс | Левый берег р Улкен Алматы | Н 1392 м Х 76°54'48" Ү 43°07'06" | Социальное | 16270 | 35 |

| | I | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
|----|--|--------------------------------|--|---------------------|-------|----|
| | «Тау Дастархан» и «Тау Спа» | | | | | |
| 32 | 3 металлических пешеходных мо- стика через р. Ул- кен Алматы | Русло р. Улкен Алматы | Н 1400 м X 76°54'53" Y 43°07'04" | Социальное | 16420 | 35 |
| 33 | Площадка для отдыха с юртами и беседками | Левый берег р. Улкен Алматы | Н 1406 м Х 76°54'54" Ү 43°07'05" | Социальное | 16420 | 35 |
| 34 | Кафе «Холам» с беседками и па- вильонами | Левый берег р Улкен Алматы | Н 1370 м X 76°54'39" Y 43°07'15" | Социальное | 16420 | 35 |
| 35 | Кафе «Орлиный приют» с бесед- ками и павильо- нами | Левый берег р Улкен Алматы | H 1360 м X 76°54'39" Y 43°07'21" | Социальное | 16648 | 35 |
| 36 | Кафе «Жетысу» с беседками и па- вильонами | Левый берег р Улкен Алматы | Н 1355 м X 76°54'37" Y 43°07'23" | Социальное | 16813 | 35 |
| 37 | Кафе «У Исабая» с беседками и па- вильонами | Левый берег р Улкен Алматы | Н 1353 м Х 76°54'36" Ү 43°07'23" | Социальное | 17016 | 35 |
| 38 | Горный парк «Сарбаз» | Левый берег р Улкен Алматы | Н 1340 м Х 76°54'30" Ү 43°07'30" | Социальное | 17077 | 36 |
| 39 | Ресторанно-гос- тиничный ком- плекс «Сарбаз» | Левый берег р Улкен Алматы | H 1334 м X 76°54'30" Y 43°07'34" | Социальное | 17144 | 37 |
| 40 | Мост ж/б через р. Улкен Алматы на дороге в Казачку | Русло р. Улкен Алматы | Н 1319 м Х 76°54'30" Ү 43°07'42" | Инфраструк- тура | 17343 | 37 |
| 41 | Мост ж/б через р. Кокшека на дороге Алматы – БАО | Русло р. Кок- шека | Н 1309 м X 76°54'22" Y 43°07'49" | Инфраструк- тура | 17343 | 37 |
| 42 | Переход газопровода через р. Кокшека | Русло р. Кок- шека | Н 1309 м Х 76°54'22" Ү 43°07'49" | Инфраструк- тура | 17343 | 37 |
| 43 | ЛЭП 35 на ж/б опорах | Русло р. Кок- шека | Н 1309 м X 76°54'22" Y 43°07'49" | Инфраструк- тура | 17423 | 37 |
| 44 | Магазин «Алма Арасан» | Правый берег р. Кокшека | H 1310 м X 76°54'22" Y 43°07'48" | Социальное | 17423 | 37 |
| 45 | Кафе «Коктобе» | Левый берег р. Кокшека | Н 1315 м Х 76°54'20" Ү 43°07'48" | Социальное | 17423 | 37 |
| 46 | Опора ЛЭП 350 металлическая | Левый берег р. Кокшека | H 1311 м X 76°54′20″ Y 43°07′49″ | Инфраструк- тура | 17848 | 37 |

| 47 | Взрослый лист- | Пойма р. Ул- | Н 1390-1419 | Экологиче- | 16200 | 35 |
|----|-----------------|----------------|--------------|--------------|-------|----|
| | венный лес (ка- | кен Алматы. | М | ское | | |
| | рагач, тополь) | Длина | X 76°54'24"- | | | |
| | | Ширина | 76°54'54" | | | |
| | | | Y 43°07'55"- | | | |
| | | | 43°06'54" | | | |
| 48 | Селезащитная | Русло р. Улкен | Н 1382 м | Селезащитное | 18272 | 37 |
| | плотина Улкен | Алматы | X 76°54'17" | сооружение | | |
| | Алматы | | Y 43°08'11" | | | |

Электронная версия Интерактивной карты бассейна р. Улкен Алматы размещена в облачном хранилище https://portal.introgis.com/portal/apps/opsdashboard/index.html#/21b388672d364ad3b41bfdc3f670fce7

3.5. Предложения (планы практических мероприятий) по снижению риска возникновения чрезвычайных ситуаций от высокогорных прорывоопасных озер и реки Улкен Алматы

Долина р. Улкен Алматы является очень селеопасной. Крупные катастрофические сели проходили здесь в 1950, 1977, 1988, 2006 годах. Средние сели в верховьях долины сходят с периодичностью примерно 1 раз в 10 лет. Основным источником формирования селей является Кумбелский врез. Причиной образования селей являются ливни и прорывы ледниковых озер.

Город Алматы надежно защищен плотиной, стоящей в устье долины. Но выше плотины имеется множество объектов, подверженных воздействию селей. Больше всего их сосредоточено на участке от плотины до ГЭС2. Самыми важными из них являются: гостиничный комплекс «Сарбаз», кафе «У Исабая», «Жетысу», «Орлиный приют», «Холам», «Тау Дастархан», «Ак Орда», «Каусан Булак». Для их защиты планируется построить еще одну селезадерживающую плотину в районе Аюсай.

Необходимо установить систему раннего оповещения с датчиком схода селя в устье Кумбеля и проводить эвакуацию посетителей при возникновении селевой опасности. Кроме этих объектов вся долина от ГЭС2 до ГЭС1 представляет собой сплошную зону отдыха, которая останется в селеопасной зоне, поэтому установка системы раннего оповещения в долине Улкен Алматы является задачей первоочередной важности. Практические предложения по конкретным объектам приведены в таблице 3.

Таблица 3. Практические мероприятия по снижению селевого риска

| Nº | Наименование объекта | Расположение | Предложения по снижению се- левого риска |
|----|-----------------------------------|-----------------------|---|
| 1 | Гидропост | Русло р. Кумбелсу | нет |
| 2 | Мост ж/б через р. Кумбелсу | Русло р. Кумбелсу | нет |
| | | | нет |
| 3 | Селезащитная дамба ГЭС1 | Русло р. Улкен Алматы | нет |
| | ж/б | | нет |
| 4 | Мост ж/б через р. Улкен Алматы | Русло р. Улкен Алматы | нет |

| 5 | Частный дом | Левый берег р. Улкен Алматы | Эвакуация отдыхающих при возникновении селевой опасности |
|----|--|---|--|
| 6 | Дорога асфальтированная Алматы –Большое Алма- тинское озеро | Вдоль русла р. Улкен Алматы Длина 3,2 км | нет |
| 7 | База отдыха «Аюсай» с юртами, кафе, аттракционами, автостоянкой | Конус выноса р. Аюсай | Необходима система раннего предупреждения о селевой опасности. Эвакуация отдыхающих при возникновении селевой опасности |
| 8 | Опора ЛЭП 350 металличе- ская | Правый берег р. Аюсай | Необходима защита |
| 9 | Опора ЛЭП 350 металличе- ская | Левый берег р. Аюсай | Необходима защита |
| 10 | Мост ж/б через р. Аюсай | Русло р. Аюсай | нет |
| 11 | Зона отдыха вдоль русла р. Аюсай | Вдоль русла р. Аюсай. Длина 700м | Необходима система раннего предупреждения о селевой опасности. Эвакуация отдыхающих при возникновении селевой опасности |
| 12 | Зона отдыха вдоль русла реки Улкен Алматы с молодым лиственным лесом | Вдоль русла р. Улкен Алматы. Длина 4,5 км Ширина 50-150 м | Необходима система раннего предупреждения о селевой опасности. Эвакуация отдыхающих при возникновении селевой опасности |
| 13 | Молодой лиственный лес | Пойма и террасы вдоль русла р. Улкен Алматы. Длина 4,5 км Ширина 50-150 м | нет |
| 14 | Дорога асфальтированная Алматы-Большое Алматин- ское озеро | Вдоль русла р. Улкен Алматы. Длина 1,3 км | нет |
| 15 | Мост ж/б через р. Улкен Алматы к коттеджам на правом берегу | Русло р. Улкен Алматы | нет |
| 16 | Кафе «Apple Tau» | Правый берег р. Улкен Алматы | Требуется защита. Эвакуация посетителей при возникновении селевой опасности. |
| 17 | Опора ЛЭП 35 деревянная | Левый берег р. Алматы | нет |
| 18 | Кафе «Каусан Булак» с юр- тами и аттракционами | Левый берег р. Алматы | Необходима система раннего предупреждения о селевой опасности. Эвакуация посетителей при возникновении селевой опасности |
| 19 | Частные дома | Терраса на правом берегу р. Улкен Алматы | Необходима система раннего предупреждения о селевой опас- |
| 20 | Служебный дом Казгидро- мета | Терраса на левом бе- регу р. Улкен Алматы | ности. |

| 21 | Кафе «Молодежный» | Терраса на левом бе- регу р. Улкен Алматы | Эвакуация посетителей при возникновении селевой опасности |
|----|--|---|---|
| 22 | Кафе «Ак Орда» | Низкая терраса на левом берегу р. Улкен Алматы | |
| 23 | Площадки для отдыха | Левый берег р. Улкен Алматы | |
| 24 | Вертолетная площадка | Левый берег р. Улкен Алматы | нет |
| 25 | Мост ж/б через р. Улкен Алматы к поселку Кокшека | Русло р. Улкен Алматы | нет |
| 26 | Мост ж/б через р. Улкен Алматы к поселку Кокшека | Русло р. Улкен Алматы | нет |
| 27 | Селезащитная дамба ГЭС2 ж/б | Русло р. Улкен Алматы | нет |
| 28 | Гидротехнические соору- жения | Русло р. Улкен Алматы | нет |
| 29 | Переход водопровода через р. Улкен Алматы | Русло р. Улкен Алматы | нет |
| 30 | Парк развлечений «Парк юрского периода» | Левый берег р Улкен Алматы | Требуется защита, раннее оповещение, |
| 31 | Гостиничный, ресторан- ный и оздоровительный комплекс «Тау Дастархан» и «Тау Спа» | Левый берег р Улкен Алматы | эвакуация посетителей при возникновении селевой опасности |
| 32 | 3 металлических пешеходных мостика через р. Улкен Алматы | Русло р. Улкен Алматы | Требуется защита, раннее оповещение, эвакуация посетителей при воз- |
| 33 | Площадка для отдыха с юр- тами и беседками | Левый берег р. Улкен Алматы | никновении селевой опасности |
| 34 | Кафе «Холам» с беседками и павильонами | Левый берег р Улкен Алматы | |
| 35 | Кафе «Орлиный приют» с беседками и павильонами | Левый берег р Улкен Алматы | Требуется защита, раннее оповещение, |
| 36 | Кафе «Жетысу» с бесед- ками и павильонами | Левый берег р Улкен Алматы | эвакуация посетителей при воз- никновении селевой опасности |
| 37 | Кафе «У Исабая» с бесед- ками и павильонами | Левый берег р Улкен Алматы | |
| 38 | Горный парк «Сарбаз» | Левый берег р Улкен Алматы | |
| 39 | Ресторанно-гостиничный комплекс «Сарбаз» | Левый берег р Улкен Алматы | |
| 40 | Мост ж/б через р. Улкен Алматы на дороге в Ка- зачку | Русло р. Улкен Алматы | нет |
| 41 | Мост ж/б через р. Кокшека на дороге Алматы-Большое Алматинское озеро | Русло р. Кокшека | нет |
| 42 | Переход газопровода через р. Кокшека | Русло р. Кокшека | нет |
| 43 | ЛЭП 35 на ж/б опорах | Русло р. Кокшека | нет |

| 44 | Магазин «Алма Арасан» | Правый берег р. Кок- шека | Требуется защита, Раннее оповещение, |
|----|--|--|--|
| 45 | Кафе «Коктобе» | Левый берег р. Кок- шека | Эвакуация посетителей при воз- никновении селевой опасности |
| 46 | Опора ЛЭП 350 металличе- ская | Левый берег р. Кок- шека | нет |
| 47 | Взрослый лиственный лес (карагач, тополь) | Пойма р. Улкен Ал- маты. Длина Ширина | нет |
| 48 | Селезащитная плотина Ул- кен Алматы | Русло р. Улкен Алматы | нет |