

DEBRIS FLOWS: Disasters, Risk, Forecast, Protection

Proceedings
of the 7th International Conference

Chengdu, China, 23–27 September 2024



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

Geomarketing LLC
Moscow
2024

СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита

Труды
7-й Международной конференции

Чэнду, Китай, 23–27 сентября 2024 г.



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

ООО «Геомаркетинг»
Москва
2024

泥石流： 灾害、风险、预测、防治

會議記錄

第七届国际会议

中国成都, 2024年9月23日至27日



編輯者

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

Geomarketing LLC

莫斯科

2024

УДК 551.311.8
ББК 26.823
С29

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

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

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

ISBN 978-5-6050369-6-8

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

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

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

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

© Селевая ассоциация

© Debris Flow Association



Опыт Агентства Ага Хана по Хабитат (АКАН) в области оценки ледниковых озер и моделирования их прорывов в Таджикистане

Ю.Х. Раимбеков, Х.А. Имроншоев

*Филиал Агентства Ага Хана по Хабитат в Республике Таджикистан, Душанбе,
Таджикистан, yusuf.raimbekov@akdn.org*

Аннотация. В статье дан обзор материалов, характеризующих исследования высокогорных озер, проводимые Агентством Ага Хан по Хабитат совместно с коллегами из МГУ имени М.В. Ломоносова (Россия) и специалистами Агентства по гидрометеорологии Комитета по охране окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан. Приведена диаграмма из отчета мирового банка, где показано, что Республика Таджикистан подвержена наибольшей уязвимостью среди различных стран Европы и Центральной Азии в отношении изменения климата. Показано, что были проведены батиметрическая съемка и математическое моделирование вероятного прорыва 42 высокогорных озер на территории Республики Таджикистан. Приведена методика этих работ, перечисляются адаптационные мероприятия, проводимые Филиалом Агентства Ага Хана по Хабитат в Республике Таджикистан.

Ключевые слова: *Таджикистан; АКАН; батиметрическая съемка; адаптация*

Ссылка для цитирования: Раимбеков Ю.Х., Имроншоев Х.А. Опыт Агентства Ага Хана по Хабитат (АКАН) в области оценки ледниковых озер и моделирования их прорывов в Таджикистане. В сб.: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 7-й Международной конференции (Чэнду, Китай). – Отв. ред. С.С. Черноморец, К. Ху, К.С. Висхаджиева. – М.: ООО «Геомаркетинг», 2024, с. 394–400.

Experience of the Aga Khan Agency for Habitat (AKAH) in glacial lakes' analysis and their outbursts' simulations in Tajikistan

Yu.Kh. Raimbekov, Kh.A. Imronshoev

*Branch of Aga Khan Agency for Habitat in Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan,
yusuf.raimbekov@akdn.org*

Abstract. The article provides an overview of materials characterizing studies of high-mountain lakes conducted by the Aga Khan Agency for Habitat together with colleagues from Lomonosov Moscow State University (Russia) Agency for hydrometeorology (The Committee of Environmental Protection under the Government of the Republic of Tajikistan). A chart from a World Bank report shows that the Republic of Tajikistan is the most vulnerable among various European and Central Asian countries to climate change. It is shown that a bathymetric survey and mathematical simulation of the probable outburst of 42 high-mountain lakes on the territory of the Republic of Tajikistan were carried out. The methodology for these works is given, and the adaptation activities carried out by the Aga Khan Agency for Habitat Branch in the Republic of Tajikistan are listed.

Key words: *Tajikistan; AKAH; bathymetric survey; adaptation*

Cite this article: Raimbekov Yu.Kh., Imronshoev Kh.A. Experience of the Aga Khan Agency for Habitat (AKAH) in glacial lakes' analysis and their outbursts' simulations in Tajikistan. In: Chernomorets S.S., Hu K., Viskhadzhieva K.S. (eds.) Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 7th International Conference (Chengdu, China). Moscow: Geomarketing LLC, 2024, p. 394–400.



Введение

На глобальном уровне программа и проекты АКАН (Aga Khan Agency For Habitat) разрабатываются и реализуются в соответствии с Целями Устойчивого Развития на период до 2030 г., а также Сендайской рамочной программой по снижению риска бедствий на 2015–2030 гг. На национальном уровне АКАН поддерживает реализацию таких стратегических документов как Национальная Стратегия Республики Таджикистан на период до 2030 г., Программа Среднесрочного Развития Республики Таджикистан на период 2016–2020 гг. и Национальная Стратегия Республики Таджикистан по снижению риска бедствий на период 2017–2030 гг.

Главными партнерами организации АКАН при реализации проектов по снижению риска и уязвимости являются государственные институты и учреждения, в том числе:

1. Главное геологическое управление при Правительстве Республики Таджикистан.
2. Комитет по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороны Республики Таджикистан.
3. Агентство по гидрометеорологии Комитета по охране окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан.

Изменения климата, считается генерирующим фактором возрождающихся стихийных бедствий – связанные с водно-гравитационными и водно-эрозионными процессами (активизации селевых потоков, угроза процессов наводнения и затопление) на территории ГБАО (Горно-Бадахшанская автономная область), Таджикистан. Из-за дефицита земель в этом горном регионе основные жилые зоны (села, поселки и города), важные объекты и инфраструктуры расположены на конусах выноса боковых притоков основных долин, вблизи пойменной и низко надпойменных террас основных рек, у подножия склонов и на поверхности древних оползневых тел, что являются очень уязвимым от природных угроз, имеющих локальные и отдаленный характер проявления.

Обзор проблемы

Последствием глобального потепления в Центральной Азии является таяние ледников и образование ледниковых озер. Тающие ледники представляют угрозу безопасности на местном, национальном и региональном уровнях. Из-за таяния ледников и образования новых ледниковых озер, повышается опасность наводнений из-за их прорыва. Определение потенциально опасных озер и ледников, а также слежение за наиболее опасными объектами является критически важным.

Республика Таджикистан внесла предложение объявить период с 2018 по 2028 г. Международным десятилетием действий «Вода для устойчивого развития». Данная инициатива была единодушно одобрена всеми государствами — членами ООН. Наступившее десятилетие предоставит важную платформу для политического диалога и обмена информацией и опытом с целью содействия достижению международных целей и задач, связанных с водными ресурсами, в том числе целей и задач, перечисленных в Повестке дня в области устойчивого развития на период до 2030 г.

За последние 40 лет число ледниковых озер и случаев их прорыва возросло во всем мире, и эта угроза, как ожидается, в дальнейшем будет увеличиваться. Из-за таяния ледников и формирования новых ледниковых озер возрастает опасность возникновения паводков от их прорыва. Наиболее ярко выраженным эффектом глобального потепления в ЦА является таяние ледников и связанное с этим образование ледниковых озер. В связи с этим возрастает необходимость изучения высокогорных озер – определение их геоморфологических параметров, выяснение состояния плотины и так же геологического картирования водосборного бассейна в целом.

Согласно отчету Всемирного банка «Адаптация к изменению климата в странах Европы и Центральной Азии (ЕЦА)», Таджикистан является наиболее уязвимой к изменению климата страной в регионе ЕЦА (Европа и Центральная Азия)». За последние десятилетия количество стихийных бедствий в стране увеличилось в разы, что



представляет серьезную угрозу как благосостоянию жителей страны, так и всего региона (рис. 1.) [Информационный бюллетень..., 2009].

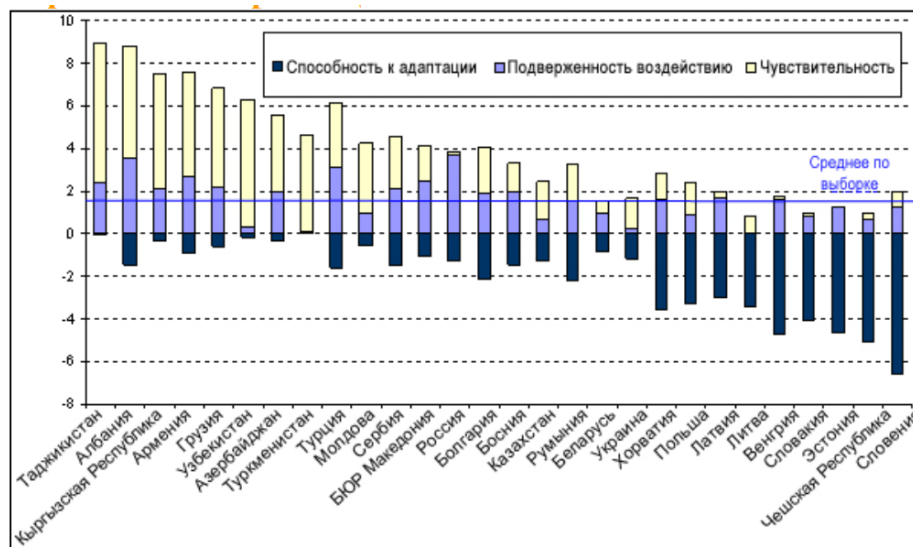


Рис. 1. Факторы, влияющие на уязвимость различных стран ЕЦА в отношении изменения климата. Источник: [Fau and Patel, 2008]

Опыт оценки опасности и прорыва ледниковых озер

В Таджикистане насчитывается около 1300 озер общей площадью 705 км². Большинство озер представлено водоемами с площадью зеркала менее 1 км² и на их долю приходится 97,5% общего числа озер и лишь 9% суммарной площади, что делает их весьма уязвимыми к будущим антропогенным и техногенным воздействиям.

Основное количество озер (80%) сосредоточено в горах Памиро-Алая в интервале высот 3500–5000 м. над уровнем моря. Низка степень насыщенности озерами низкогорной и предгорной зоны, где расположено около 30 озер общей площадью 2,4 км². В озерах Таджикистана содержится более 46,3 км³ воды, из которых 20 км³ являются пресными [Министерство энергетики и водных ресурсов Таджикистан].

Ледники и вечные снега Таджикистана являются главными источником питания рек бассейна Аральского моря. Ледники занимают площадь 8,0±0,4 тыс. км², что составляет 6% территории всей страны. Основные массы льда сосредоточены в горах Западного Памира [Махмадалиев и др., 2003].

В связи с этим возрастает необходимость изучения высокогорных озер – определение их геоморфологических параметров, выяснение состояния плотины и так же геолого-геоморфологического картографирования водосборного бассейна в целом.

Для решения вышеназванных задач Агентство Ага Хана по Хабитат совместно с коллегами из МГУ и специалистами гидрометеорологии Республики Таджикистан провели оценку опасности 42 высокогорных прорывоопасных озер на территории Таджикистана. Проведены рекогносцировочные маршруты вдоль государственной границы в Исламской Республике Афганистан по выявлению потенциально опасных высокогорных озер, прорыв которых может иметь трансграничный характер. В 2017 г. в кишлаках Хостав и Ширговад Республики Таджикистан, которые расположены на границе с Исламской Республикой Афганистан, перенесли катастрофическое затопление территорий. Источником затопления стало сход гляциальных селей в соседнем государстве – Афганистан, в связи с повышением температуры и последующих обильных дождей, которые стали триггером для начало этих процессов. В результате на какое-то время образовалась запруда из материалов селей на трансграничной реке Пяндж, которое вызвало подъем уровня воды в реке приведшее к значительному



затоплению жилой зоны кишлаков, перекрытию международной трассы Таджикистан – Киргизстан – Китай. В результате этой катастрофы пострадали 22 дома в кишлаке Хостав и 5 домов в кишлаке Ширговад. Силами КЧС (Комитет чрезвычайных ситуаций) Республики Таджикистан и Агентством Ага Хана по Хабитат в Таджикистане и Афганистана были налажены спасательные работы, и организация эвакуации этих кишлаков.

Методика работы

Для исследования высокогорных озер и их долин формируется экспедиция, состоящая из геологов, гидрогеологов, оператора дрона и специалиста геоинформационных систем. Оборудование доставляется к озерам вьючным транспортом. Проводится батиметрическая съемка озера с надувной лодки эхолотом Lowrance Hook, геологами проводится геоморфологическое обследование всей долины, фиксируются все запруды, заторы и другие препятствия в русле ручья, исследуется состояние плотины озера, используется дрон eBee-senseFly для высокоточной съемки акватории озера и наиболее важных участков долины, жилой зоны кишлаков и получения высокоточного ортофотоплана и цифровой модели местности.

По результатам батиметрической съемки проводится математическое моделирование вероятного прорыва высокогорных озер в программе FLO-2D, разработанная Дж. О'Брайеном и соавторами [O'Brien et al., 1993]. Исходными данными для моделирования являются следующие:

- цифровая модель рельефа PALSAR (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar) с разрешением 12,5 м;
- высокоточная модель рельефа, полученная от съемки дрона, разрешением 1 м;
- топографические карты масштаба 1:50000;
- космические снимки Landsat_8 и Sentinel_2;
- данные полевых исследований (батиметрическая съемка, GPS-обходы контуров;
- озер, фотографии).

В качестве основных данных о рельефе территории использовалась ЦМР (цифровая модель рельефа) PALSAR и съемка с дрона. Для речных долин проводилась проверка корректности рельефа путем построения изолиний с использованием программы ArcGIS Pro и анализа продольных профилей речных долин. Вдоль русел рек отметки высот были проинтерполированы с более детальным шагом для корректного отображения речных русел в ЦМР. Для горных ледниковых озер первоначальных оценок возможного максимального расхода воды Q_{max} (м³/с) используются различные эмпирические зависимости, например, (1) [Huggel, 2004]:

$$Q_{max} = W/t,$$

где W – объем озера, м³, а t – время перелива в секундах. Для применения формулы на практике рекомендовано использовать $t = 1000$ с для максимальных оценок, поскольку величины $t = 1000$ – 2000 с были эмпирически получены при исследовании прорывов озер в Швейцарских Альпах [Haeberli, 1983]. Гидрограф рекомендуется рисовать треугольный. На рис. 2 приведены исследованные озера.

При построении модели рассматриваются разные сценарии прохождения паводков и селевых потоков. Для расчета баллов потенциальной опасности в речных долинах использовались полученные на основе моделирования данные о скоростях и глубинах потока в каждой ячейке расчетной области.

Результатами моделирования являются – плановое распределение глубин затопления, скоростей течения и потенциальной опасности в горных долинах ниже прорывоопасных озер, время добегания паводков. Составляются карты глубин затопления, скоростей течения и опасности, на основе которых создается карта, где показывается инфраструктура, жилые дома, приусадебные участки, пахотные земли и



другие объекты народного хозяйства попадающие в зону затопления. Это информация передается в КЧС и в Главное Управление Геологии Республики Таджикистан.

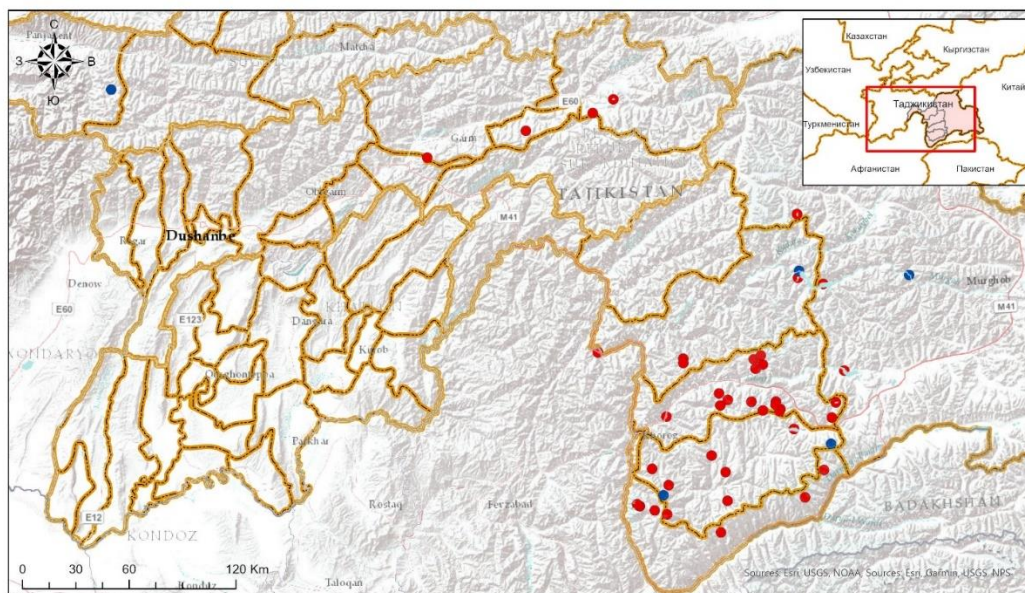


Рис. 2. Исследованные высокогорные прорывоопасные озера в Таджикистане (красные-обследованные озера, зеленые-планируемые к исследованию озера)

Реализация мер по адаптации

Глобальное изменение климата повлечет за собой крайне серьезные последствия для всех стран Центральной Азии. Национальные сообщения стран называют по мимо других общих для региона, проблемы, одну из важных – это увеличение риска опасных и экстремальных гидрометеорологических явлений, таких как град, засуха, экстремально-высокие или низкие температуры и т.д., что вызовет учащение чрезвычайных ситуаций, включая ливневые осадки, селевые паводки, оползни, сход снежных лавин, наводнения и засухи, землетрясения. Таджикистан является одной из стран региона, наиболее подверженных воздействию стихийных бедствий. Крайняя бедность (64% населения живет ниже уровня бедности) и ограниченная возможность реагирования на чрезвычайные ситуации усугубляют масштаб проблемы [Всемирный банк, 2005]. А т.к. в Таджикистане количество дней в году, когда температуры воздуха достигают 40°C и выше, будет и дальше увеличиваться, к проблемам присоединится и такое явление, как пыльные бури [Генина и др., 2011].

Исходя из вышесказанного, Агентство Ага Хан по Хабитат в Таджикистане по мимо изучения риска прорыва высокогорных опасных озер, прорыв которых является триггером для других природно-геологических угроз, такие как сели, наводнения, затопления, береговая эрозия и оползни, которые иногда приводят к катастрофическим последствиям, нанося огромный урон в виде потер человеческих жизней и разрушения жилых домов, инфраструктуры, приусадебных участков и пахотных земель. Агентство проводит работы по смягчению и реагированию на чрезвычайные ситуации.

На уровне джамоатов⁶ Агентством Ага Хана по Хабитат в Таджикистане подготовлено 178 команд реагирования на чрезвычайные ситуации общим количеством 5340 волонтеров, из них мужчин – 2865 человек и женщин – 2475 человек. Так же сформированы 193 команды реагирования на лавинную опасность, общим количеством 1930 волонтеров, из них мужчин – 1477 человек, женщин – 453. Все эти команды оснащены всем необходимым оборудованием первой помощи. С этими командами

⁶ Административная единица сельских общин в составе районов.



проводятся регулярные занятия и полевая подготовка совместно с сотрудниками КЧС Республики Таджикистан. Установлены 84 склада с непродовольственным запасом, которыми население может пользоваться во время чрезвычайной ситуации (рис. 3.). Агентство проводит работу по картографированию геолого-природных угроз на уровне жилой зоны кишлаков⁷ и водосборных бассейнов. По результатам этих исследований составляются отчеты и карты опасности, которые передаются в КЧС, местную администрацию, а также в Главное Управление Геологии Республики Таджикистан. Совместно с сотрудниками КЧС проводятся семинары и тренинги с местным населением по осведомлению населения об геолого-природных угрозах кишлака, определяются безопасные участки кишлака для целей эвакуации. Происходит выпрямление и очистка селевых и паводковых русел долины, берегоукрепительные работы и другие инженерные решения для смягчения последствий угрозы. Проводятся работы по обеспечению чистой питьевой воды населенных пунктов, которые не имеют доступа к воде. Строятся пешеходные эвакуационные мости. Установлены 264 радиостанции КВ- и УКВ-диапазона, которые переданы на баланс КЧС на безвозмездной основе. Развернуты 21 метеостанции и 3 автоматических станции. Агентство проводит эти проекты почти на всей территории Таджикистана (рис. 4.).

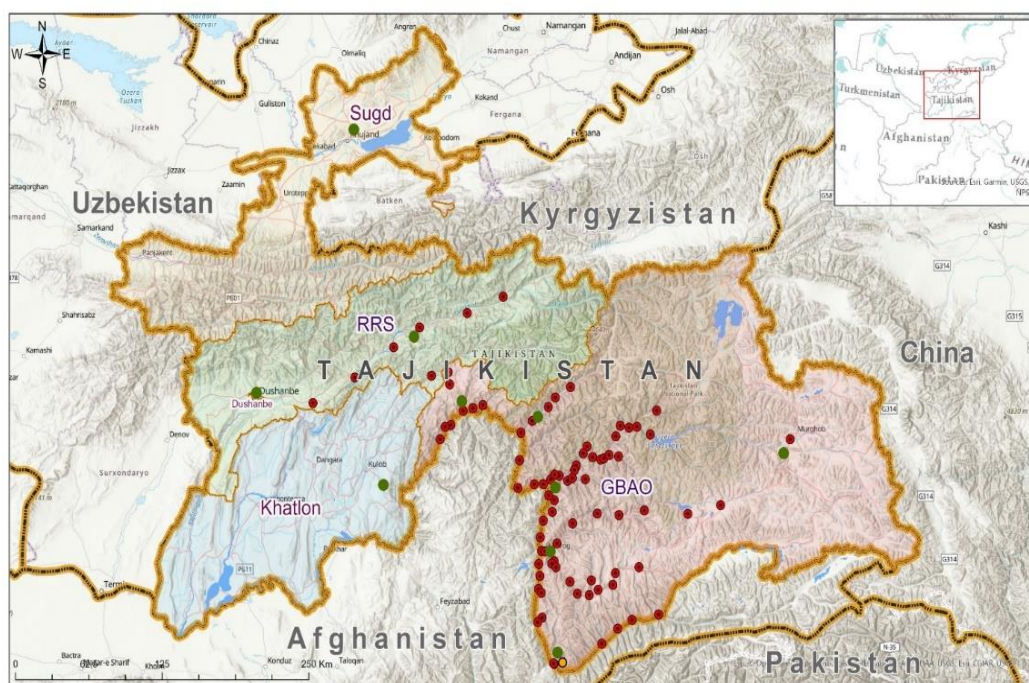


Рис. 3. Расположение складов с непродовольственным запасом (красное- склады, зеленое- административные центры районов)

Заключение

Ссылаясь на опубликованный РЭЦА (Региональный экологический центр Центральной Азии) в 2009 г. «Анализ возможностей для деятельности РЭЦА в области изменения климата и энергоэффективности в Центральной Азии», можно сделать вывод, что глобальное изменение климата повлечет за собой крайне серьезные последствия для всех стран Центральной Азии. Так же согласно отчету Всемирного банка «Адаптация к изменению климата в странах Европы и Центральной Азии (ЕЦА)», Таджикистан является наиболее уязвимой к изменению климата страной в регионе ЕЦА (Европа и Центральная Азия)».

⁷ Сельский населенный пункт в Средней Азии.

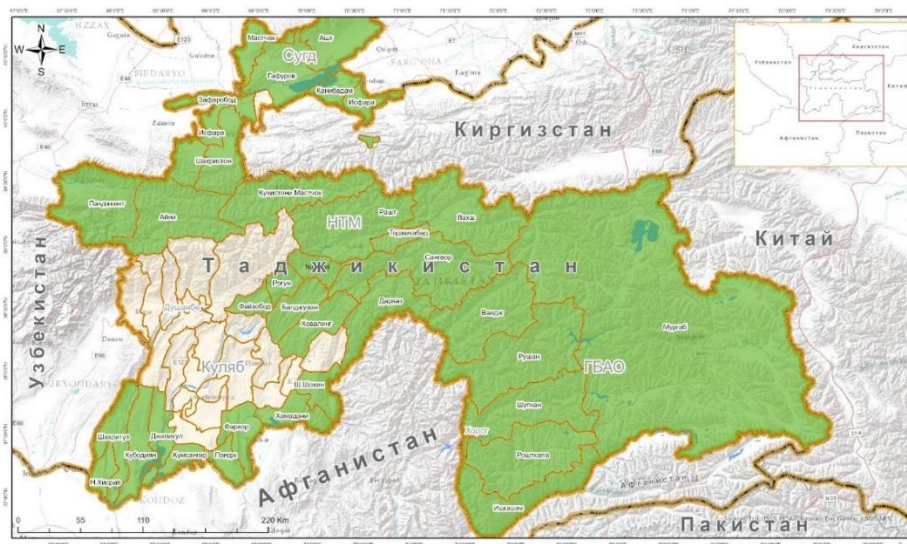


Рис. 4. Зона охвата проектов АКАН в Таджикистане, показано зеленым цветом

Исходя из вышесказанного становится актуальным дальнейшее изучение прорывоопасных высокогорных гляциальных озер в Таджикистане. Математическое моделирование возможных прорывов, основанное на детальной информации о батиметрии озер и геоморфологического картографирования долины ниже озер. Использование дрона может дать возможность получить ортофотоснимки высокого разрешения, на основе которых производится цифровая модель местности высокого качества, которая дает возможность, более точно проводить моделирование стока. Полученные по результатам моделирования карты дают возможность проводить митигационные мероприятия в виде обустройства селенаправляющих, отчистки русел, берегоукрепительных работ и других инженерных решений для защиты домов и инфраструктуры с учетом карты затопления территории. Становится необходимым создание спасательных команд первой помощи и реагирования на чрезвычайные ситуации. Так же актуальным является проведение семинаров и тренингов по осведомлению населения о возможных природных угрозах на территории их проживания и обучения действию во время чрезвычайной ситуации. Государственные структуры, вовлеченные в эту проблематику, получают всю собранную информацию необходимую для принятия решений и будущего планирования работ.

Список литературы

- Генина М., Лесли Брайтнер Зума., Умирбеков А., Исаева Г., Мусагажинова А., «Анализ деятельности в области адаптации к изменению климата в Центральной Азии» потребности, рекомендации, практики. Алматы 2011 г. URL. <https://carecесо.org/upload/27.pdf>
- Махмадалиев Б.У., Новикова В.В., Каюмов А.К., Каримова У.Х., Пердомо М. «Национальный план действий Республики Таджикистан по смягчению последствий изменения климата» Душанбе 2003 г. URL. <https://unfccc.int/resource/docs/nar/taip01r.pdf>
- Информационный бюллетень Регион Европы и Центральной Азии 50772. Июнь 2009. Выпуск 5. URL. <https://documents1.worldbank.org/curated/ru/920411468256514402/pdf/507720BRI0RUSS0BLIC00KL0Brief0V50RU.pdf>