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

Высокогорные озера Узбекистана и трансграничных территорий, как потенциальный источник возникновения селей

И.В. Дергачева, М. Мирджапаров, З.Д. Тилляходжаева, С.В. Мягков

Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Ташкент, Узбекистан, Dergacheva_iv@mail.ru

Аннотация. Лимнические системы – наименее изученный компонент водных ресурсов Узбекистана. Они характеризуются высокой изменчивостью в распределении по территории, по времени существования, отличаются разнообразием и непостоянством качества вод. Водные ресурсы озер широко используются в самых различных сферах – в основном в рыбохозяйственных и рекреационных целях, горные озера являются источниками пресных вод.

По территории озера расположены неравномерно. Наибольшее количество озер находится в горных зонах, на высоте 2000–3000 м. Горные озера, в основном, завального или ледниково-моренного происхождения.

Прорывы высокогорных озер являются одним из мощных селе-формирующих факторов. Прорывы озер происходят не часто, но носят чрезвычайно разрушительный характер. Сотрудниками Узгидромета совместно с представителями МЧС ведутся специальные наблюдения за состоянием некоторых прорывоопасных озер.

Специалистами НИГМИ разработана и внедрена в оперативную практику Узгидромета и МЧС: Многоуровневая информационная система «Прорывоопасные озера Узбекистана», в которую вошла информация по 680 озерам, расположенным на территории Узбекистана и в трансграничных бассейнах рек, несущих свои воды на территорию республики. В статье приводятся результаты анализа пространственно-временного распределение высокогорных озер, описаны недостатки мониторинга и даны некоторые рекомендации.

Ключевые слова: *сели прорывного генезиса, прорывоопасные озера, трансграничные паводки, стихийные бедствия*

Ссылка для цитирования: Дергачева И.В., Мирджапаров М., Тилляходжаева З.Д., Мягков С.В. Высокогорные озера Узбекистана и трансграничных территорий, как потенциальный источник возникновения селей. 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. 94–103.

High-mountain lakes of Uzbekistan and transboundary territories as a potential source of debris flows

I.V. Dergacheva, M. Mirjaparov, Z.D. Tillahodjaeva, S.V. Myagkov

Scientific Research Hydrometeorological Institute, Tashkent, Uzbekistan, Dergacheva_iv@mail.ru

Abstract. Limnic systems are the least studied component of the water resources of Uzbekistan. They are characterized by high variability in distribution over the territory and time of existence, and are distinguished by diversity and variability in water quality. The water resources of lakes are widely used in a variety of areas – mainly for fishing and recreational purposes; mountain lakes are sources of fresh water.

The lakes are unevenly distributed throughout the territory. The largest number of lakes are located in mountainous areas, at an altitude of 2000–3000 m. Mountain lakes are mainly of dam or glacial-moraine origin.

Outbursts of high-mountain lakes are one of the powerful debris flow forming factors. Lake outbursts do not occur often, but are extremely destructive. Employees of Uzhydromet, together with representatives of the Ministry of Emergency Situations, are conducting special observations of the condition of some outburst-hazardous lakes.
NIGMI specialists developed and implemented into the operational practice of Uzhydromet and the Ministry of Emergency Situations: A multi-level information system "Breakthrough-hazardous lakes of Uzbekistan", which included information on 680 lakes located on the territory of Uzbekistan and in transboundary river basins carrying their waters to the territory of the republic. The article presents the results of an analysis of the spatiotemporal distribution of high-mountain lakes, describes the shortcomings of monitoring and gives some recommendations.

Key words: *outburst-triggered debris flows, outburst-prone lakes, transboundary floods, natural disasters*

Cite this article: Dergacheva I.V., Mirjaparov M., Tillahodjaeva Z.D., Myagkov S.V. High-mountain lakes of Uzbekistan and transboundary territories as a potential source of debris flows. 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. 94–103.

Введение

Горные и предгорные территории занимают 21,2% от общей площади Республики Узбекистан. Эти территории не испытывают дефицита в водных ресурсах, здесь и на сопредельных территориях Кыргызстана и Таджикистана берут свое начало подавляющее большинство рек, в том числе и две главные водные артерии Центральной Азии – Сырдарья и Амударья. Здесь в горах Тянь-Шаня и Памиро-Алая сверкают россыпью самоцветов сотни горных озер, которые издревле манят к себе людей своей, иногда суровой красотой, чистейшими водами и овеяны множеством легенд и сказаний. Трудно переоценить значение горных озер для развития горного туризма и рекреационных зон. Но вместе с тем, величественные и могучие горы и горные озера, как неотъемлемая часть горного ландшафта, очень уязвимы к климатическим изменениям.

В современных условиях активного использования предгорных и горных территорий Узбекистана становится все более актуальной проблема угрозы прорыва высокогорных озер различного генезиса. Исследования указывают на то, что в горных районах повсеместно распространены современные экзогенные процессы, выражающиеся в образовании селей, оползней, обвалов, схода лавин и прорыва горных озер. Среди вышеперечисленных катастрофических природных явлений особенно разрушительной силой обладают селевые потоки, образовавшиеся в результате прорыва гляциальных и завальных озер, а также внутриледниковых и внутриморенных емкостей [*Виноградов, 1977; Глазырин, 1968; Черноморец, 2015; Ерохин, 2016*].

Климатические изменения, рост аномальных погодных явлений, активное освоение горных территорий, стремительное развитие горного туризма обуславливают необходимость регулярного мониторинга за состоянием высокогорных озер. Мониторинг прорывоопасных озер в Узбекистане осуществляется в соответствии с постановлением Президента Республики Узбекистан – «О мерах по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, связанных с опасными гидрометеорологическими явлениями и геологическими процессами» ПП № 426 от 18.11.2022, в котором определены задачи вовлеченных министерств и ведомств по организации мониторинга за опасными природными и техногенными явлениями и ликвидации их последствий.

Степень изученности и краткий обзор проблемы

Изучение озер Средней Азии ведется со второй половины XIX в. и имеет почти двухсотлетнюю историю. В начальный период огромный вклад в изучение озер привнесли выдающиеся исследователи Средней Азии: П.П. Семенов-Тянь-Шанский, А.П. Федченко, Н.А. Северцев, А.В. Каульбарс, А.А. Тилло, Л.С. Берг.

В 1920-е гг. изучение озер Средней Азии начинает приобретать комплексный характер с проведением гидрологических, гидробиологических и других специальных наблюдений. В этот период огромный вклад в лимнологические исследования внесли ученые А.Л. Бородинский, Н.П. Васильковский, В.Ф. Гурвич, Д.Н. Кашкаров, Н.А. Кайзер, Н.Л. Корженевский, Н.Г. Маллицкий, С.Д. Муравейский, Л.А. Молчанов.

В начале 1940-х гг. лимнологические исследования практически прекратились, и лишь в середине 1960-х гг. вопросы изучения озер становятся первостепенными, начинается послевоенный этап изучения озер. Основные вопросы истории гидрологических исследований этого периода освещены в работах В.Л. Шульца, Ю.Н. Иванова, А.М. Никитина, А.А. Аваряскина, И.А. Ильина, В.Н. Рейзвиха, В.М. Федотовой. Наиболее подробно исследованиями озер в Средней Азии занимались: В.Л. Шульц, описавший исследования озер, относящиеся ко второй половине XIX в.; В.Н. Рейзвих, описавший состояние изучения озер до 1960-х гг.; А.М. Никитин, написавший монографию «Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР» в 1987 г.

В конце XX в. основными направлениями в исследованиях становятся оценка возможности прорыва плотин завальных и моренных озер, оценка водных ресурсов горных озер, получение характеристик их гидрометеорологического режима. Вопросами устойчивости естественных плотин прорывоопасных озер различного генезиса, разработкой математических моделей прорывов и расчетом гидрографов прорывов занимались Ю.Б. Виноградов, Г.Е. Глазырин, В.Н. Рейзвих, Я.С. Стависский, В.И. Шатравин, И.Г. Цукерман, В.А. Керемкулов, Ю.М. Денисов, Г.Н. Горелкин, Д.Д. Нурбаев, Б.К. Царев, Г.Н. Старыгин, В.Н. Шамсутдинов.

В последние десятилетия исследованиями в направлении изучения ледников, ледниковых озер, гляциальных селей и их генезиса на территории Средней Азии занимаются Черноморец С.С., Петров М.А., Савернюк Е.А., Висхаджиева К.С., Ерохин С.А., Семакова Э.П., Тарасов Ю. и др.

Но, несмотря на длительную и богатую историю изучения высокогорных озер Средней Азии, в настоящее время осталось еще много нерешенных вопросов, касающихся распространения, генезиса, прорывоопасности, механизмов прорыва высокогорных озер малых форм. Информационные технологии и методы дистанционного зондирования земли, в последние десятилетия, развиваются стремительно, что способствует появлению новых возможностей для изучения прорывоопасных высокогорных озер. Проведен ряд работ по идентификации и каталогизации высокогорных озер Узбекистана, но на сегодняшний день каталог не издан. Сведения о распространении ледниковых и моренных озер по территории Узбекистана, приведенные в разных источниках последних лет, не совпадают, что, вероятно, обусловлено временным характером существования этих озер и их динамичностью. Практически отсутствует информация по озерам бассейнов трансграничных рек, несущих воду на территорию Узбекистана.

Методика исследования

При определении основных морфометрических характеристик озер, установлении периодов повышенного риска образования селей прорывного генезиса, изучении и оценке зависимости образования прорывных селей от гидрометеорологических факторов, установлении закономерностей распространения озер использовались методы математической статистики – корреляционный и многофакторный анализ, объективный метод выравнивания и нормализации корреляционных связей. В процессе выполнения

работы широко применялись методы картографических исследований, сравнительно-географический, метод географического обобщения и аналогии. Для создания цифровых моделей рельефа и батиграфических компьютерных карт использовался метод построения цифровой модели рельефа с использованием современных компьютерных технологий. Основу исходных данных и картографической информации составляют опубликованные и утвержденные тематические карты, спутниковые снимки, материалы наблюдений, проводимых в Научно-исследовательском гидрометеорологическом институте и Узгидромете.

Для картографирования бассейнов труднодоступных и трансграничных рек, определения и уточнения географических координат прорывоопасных озер, их площадных и линейных морфометрических характеристик в диссертационной работе применялся дистанционный метод с использованием интернет-ресурсов Google Earth, Google Maps, OpenStreetMap. Для идентификации озер проводился сравнительный анализ снимков доступных в OpenStreetMap – спутниковые снимки Bing, MapBox, DigitalGlobe, ASTER, OrbView-3 и интернет-ресурса Google Earth. Было проведено обширное ручное редактирование и разметка, получены интерактивные карты и схемы бассейнов рек Узбекистана и сопредельных территорий, для наглядности карты дополнены всплывающими окнами с основными характеристиками и скриншотами озер, использовано большое количество фотоматериалов.

Результаты анализа пространственного распределения высокогорных озер Узбекистана и трансграничных территорий

Географическое положение озера – широта, долгота и высота над уровнем моря является его важной характеристикой, позволяющей сделать выводы о генетическом типе озера и основных чертах его режима [*Муракаев, 2004*]. Одной из задач, решенной в работе, является определение географического положения высокогорных прорывоопасных озер на территории Узбекистана и на сопредельных территориях, сток с которых осуществляется на территорию Республики.

На территории Республики Узбекистан и сопредельных территориях в ходе исследования выявлено 680 озер, прорыв которых угрожает народному хозяйству Узбекистана [*Dergacheva, 2018*].

На территории Узбекистана высокогорные прорывоопасные озера расположены на территории трех областей – Ташкентской, Сурхандарьинской и Кашкадарьинской. Большое количество озер расположено за пределами Узбекистана, в бассейнах рек, стекающих на территорию Узбекистана. Такие трансграничные бассейны приурочены к областям Узбекистана, на территорию которых они несут воду, и представляют потенциальную угрозу, в случае прорыва высокогорных озер.

На территории Узбекистана и сопредельных государствах выделено 20 речных бассейнов, на которых расположены высокогорные прорывоопасные озера.

На территории Ташкентской области – бассейны рек Коксу, Ахангаран, Пскем, включая бассейн реки Майдантал, расположенный на территории Казахстана, бассейн реки Чаткал, прорывоопасные озера расположены на территории Киргизстана.

Бассейны рек Гавасай, Кассансай, Алабука, Чортоксай и Коксу – прорывоопасные озера расположены на территории Киргизстана, прорыв потенциально опасен для территории Наманганской области.

Бассейны рек Майлису, Ак-Буура, Араван-сай – озера расположены на территории Киргизстана, сток в Андижанскую область.

На территорию Ферганской области несут свои воды с территории Киргизстана четыре реки – Исфайрамсай, Шахимардан, Сох и Исфара. В бассейнах этих рек сосредоточено 251 высокогорное озеро.

Бассейн реки Заравшан – прорывоопасные озера расположены на территории Таджикистана, потенциальная угроза Самаркандской области. Кашкадарьинская область – бассейн реки Кашкадарья. Сурхандарьинская область – прорывоопасные озера

расположены в бассейне реки Сурхандарья на территории Узбекистана и Таджикистана. Карта расположения бассейнов рек и озер приведена на рис. 1.

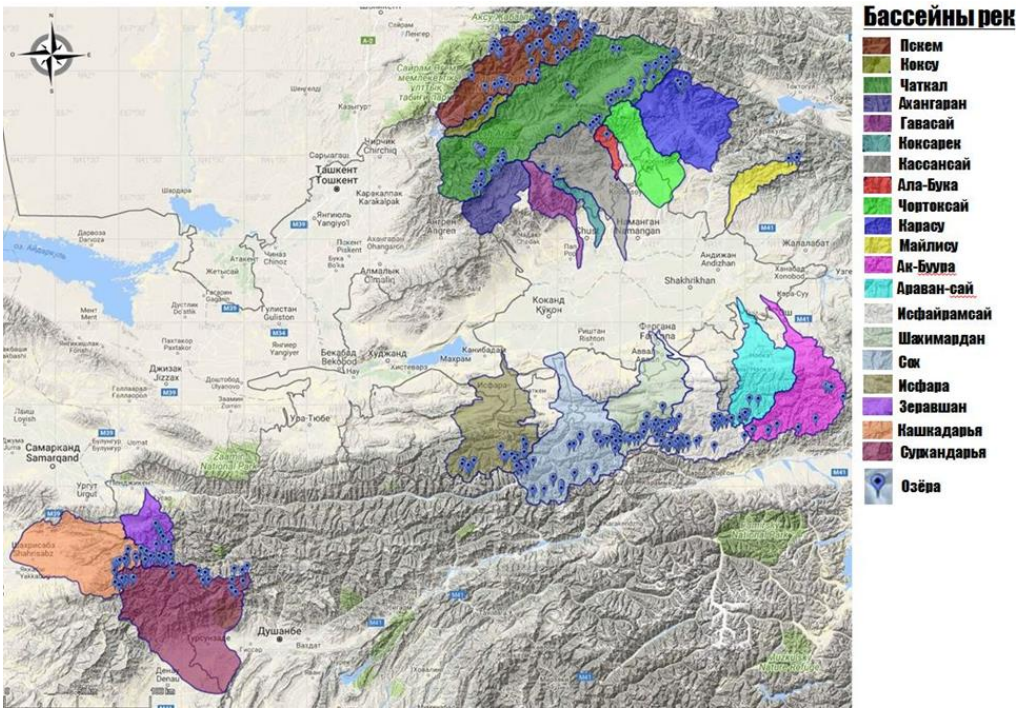

Рис. 1. Карта расположения бассейнов рек, на территории которых находятся прорывоопасные озера

Наибольшее число озер расположено в бассейнах рек: Пскем – 129, Чаткал – 116, Исфайрамсай – 94, Сох – 71. Распределение числа озер по речным бассейнам приведено на рис. 2.

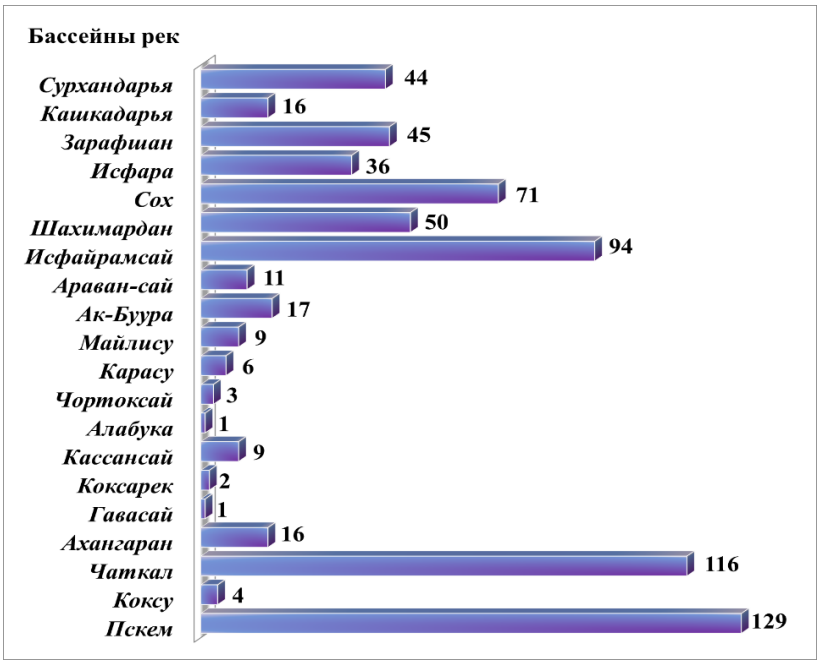

Рис. 2. Распределение высокогорных прорывоопасных озер Узбекистана и сопредельных государств по речным бассейнам

На территории вышеуказанных бассейнов выделены подбассейны рек, весь список которых приводится в базе данных по прорывоопасным озерам. Для примера, в бассейне реки Пскем выделено 24 подбассейна: притоки Ойгаинга – Шавурсай, Тюзашу, Аксаккой, Тастарсай, Акапчигай, Баркраксай, Коксу, Бештор и два безымянных левых притока; притоки Майдантала – Шингиз, Ашутор, Атжайляу, Корумтор, Аютор, три левых и один правый безымянных притока; Ануальгенсай, Ихначсай, Пскемсай, Бадаксай и Урунгач. Карта расположения подбассейнов бассейна реки Пскем приведено на рис. 3.

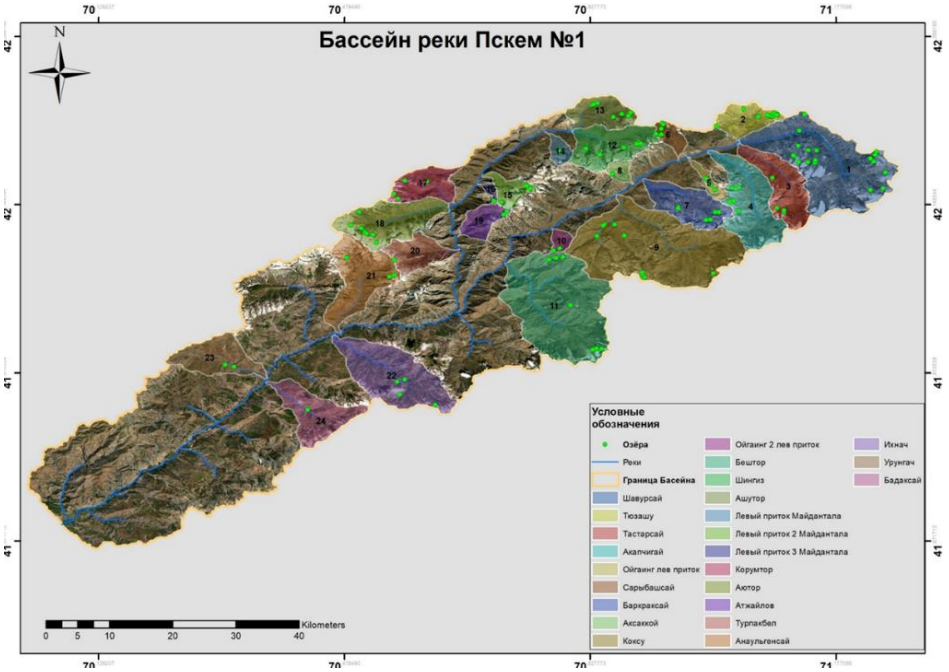

Рис. 3. Карта расположения подбассейнов бассейна реки Пскем

В каждом из бассейнов выделены прорывоопасные озера. Пример карты расположения озер бассейна реки Тюзашу с таблицей основных характеристик озер приводится на рис. 4. В бассейне выделены высокогорные озера, их снимки и номера, также приведены на данном рисунке. Используя, ГИС технологии можно удобно и быстро просмотреть, как именно по территории бассейнов распространены озера. При необходимости можно оперативно вносить изменения по расположению и количеству озер в каждом бассейне, что актуально при мониторинге гляциогенных и моренных озер.

Высокогорные озера являются неотъемлемой частью высокогорного ландшафта. В основном, по описываемой территории, они представлены водоемами малых форм с объемами не более 1 км^3. На долю таких озер приходится 80% от общего числа озер и лишь 13,18% от общего объема озер Распределение суммарных объемов воды в озерах по бассейнам приводится на рис. 5.

Наибольшее сосредоточение озер находится в интервале высот от 3000 до 4000 м. Подобное распределение озер обусловлено тем, что на этих высотах расположены мощные геологические разломы и сбросы, тектонические впадины; наблюдаются отрицательные формы рельефа, связанные с проявлением деятельности современного и древнего оледенения, благоприятные для образования большого числа озерков и очень малых озер [*Никитин, 1986*]. Наибольший суммарный объем озер, находится на высотах от 1500 до 2500 м. Это объясняется тем, что на высотах до 2500 м расположены крупные завальные озера, а в диапазоне высот от 3000 м и выше находится большое число ледниковых и моренных озер, отличающихся малыми и очень малыми формами. В частности, самое крупное озеро исследуемой территории Сарычелек (493 млн м^3) находится на высоте 1859 м.

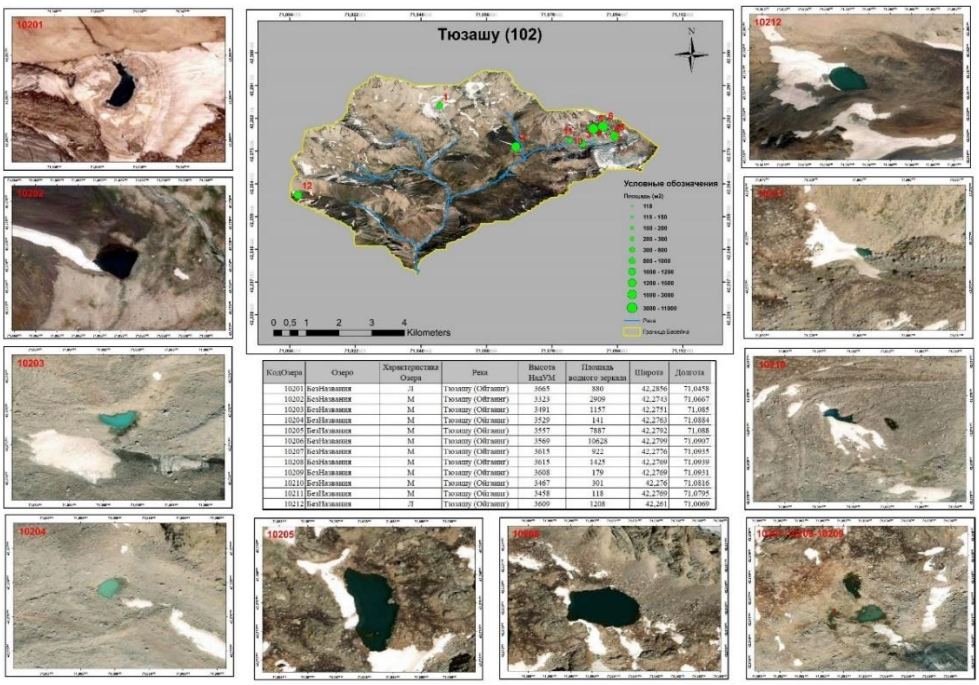

Рис. 4. Карта расположения высокогорных озер в бассейне реки Тюзашу

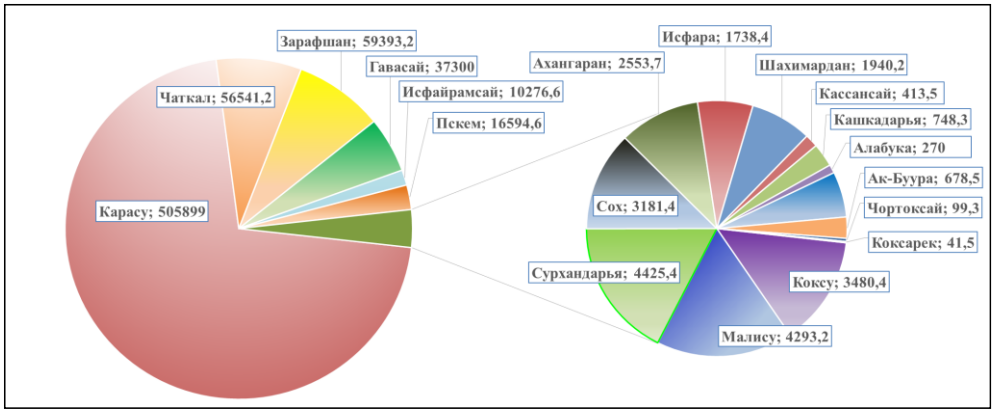

Рис. 5. Распределение суммарных объемов озер (млн м^3) по бассейнам рек

В работе определены морфометрические характеристики озер. Для мониторинга размеров высокогорных озер, расчета и прогноза их гидрологического режима одной из основных характеристик является объем высокогорного озера. Используя данные дистанционного зондирования помимо данных о местоположения озера – географические координаты и высота местности, можно определить только площадные и линейные характеристики озера – площадь зеркала озера, его длину, ширину и периметр. Для определения запасов воды в озере необходимо определить связь между характеристиками озер, которые можно определить по картам и снимкам и их объемами. В ходе исследования была проведена работа по определению эмпирических параметров с целью расчета объемов труднодоступных озер V по площадям озер F, полученных по данным дистанционного зондирования. В базе данных по прорывоопасным высокогорным озерам, собранной за время исследования, большинство озер с известными площадями водной поверхности и объемами – завального типа, так как эти озера хорошо изучены. Данные по ледниковым и моренным озерам крайне ограничены, что затрудняет задачу однородной эмпирической выборки достаточно длинного ряда. Выбрано 28 ледниковых и моренных озер с площадью водного зеркала не более

60 000 м^2. Получена эмпирическая формула для оценки объемов ледниковых и моренных озер:

$$V = 1{,}3571 \times F^{1{,}126}, (R^2 = 0{,}94).$$

Расчет объемов озер был проведен с использованием формулы (1) и формул других авторов [*Huggel, 2003; Кидяева, 2014*], приведенных вместе с результатом расчета на рис. 6.

При сравнении полученных по формулам результатов с данными экспедиционных исследований видно, что для озер площадью менее 5000 м^2, объемы переоценены, для озер более 5000 м^2 – недооценены, что обуславливает необходимость нахождения более тесных связей и поиска новых путей решения данной задачи.

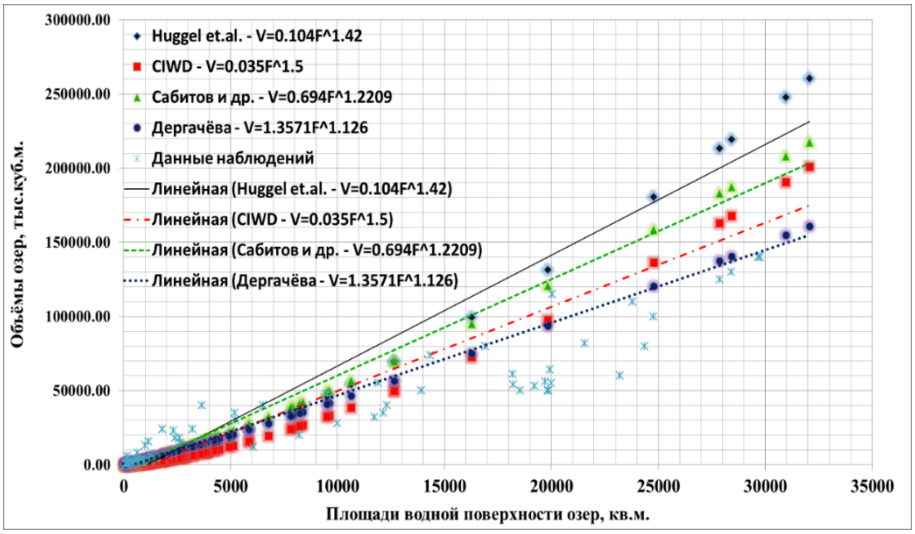

Рис. 6. Сравнение графиков расчета объемов озер по эмпирическим уравнениям разных авторов с данными экспедиционных исследований

В исследовании был проведен анализ внутригодового распределения селей различного генезиса, наибольшее количество селей дождевого генезиса приходиться на май месяц (рис. 7), а прорывные сели наблюдались в июне и июле [*Дергачева, 2023*].

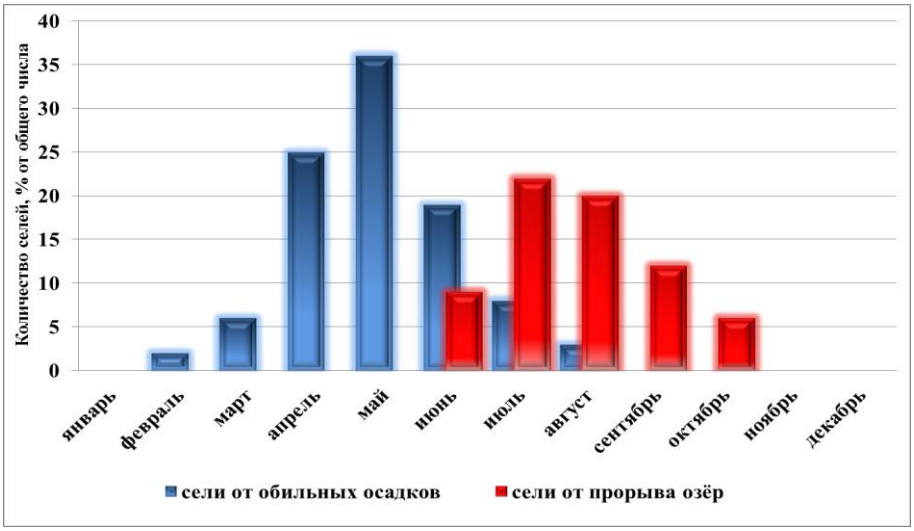

Рис. 7. Внутригодовое распределение селей различного генезиса

Выводы

В силу своего географического положения Узбекистан находиться в уязвимом положении относительно возможных негативных последствий в результате прорывов высокогорных озер. Гляциальные и прорывные сели и паводки чаще всего зарождаются на территории трансграничных государств. Особенно это актуально для густонаселенных территорий Ферганской долины, где почти 90% высокогорных озер находиться на территории Киргизии, а в случае их прорыва, паводковые волны несут разрушения на территорию Узбекистана. Стихийные бедствия не знают административных границ, поэтому к решению проблем связанных, в том числе и с прорывными селями нужен региональный подход. Необходим единый подход как к мониторингу высокогорных озер, так и к созданию единых баз и банков данных, а также к разработке систем раннего предупреждения на региональной основе. При экстремальных условиях – практически все горные озера являются прорывоопасными, поэтому во всех густонаселенных горных долинах, которые в верховьях имеют озера, необходимо принимать меры для уменьшения риска от потенциального воздействия прорывных паводков.

Очень важное значение, для прогнозирования и предупреждения паводковых явлений имеет мониторинг гидрометеорологических явлений, влияющих на возникновение паводков различного генезиса. Мониторинг может обеспечить информационный базис для моделирования процессов, описывающих гидрологическое, геологическое, физико-механическое состояние водного объекта и объектов, влияющих на его состояние, а также моделирования критических состояний и сценариев катастрофического развития событий. Недостатки системы мониторинга в Центральноазиатском регионе – одна из главных причин сдерживающих развитие методов прогнозирования.

В настоящее время остро стоят задачи: сбора и обмена информацией между странами региона; создания единого информационного пространства. Для создания единого информационного пространства в области гидрометеорологии стран Центральноазиатского региона необходимо организовать ведение региональных баз и банков данных. Это значительно повысит эффективность гидрометеорологического обслуживания и обеспечит возможность прогнозирования и предупреждения опасных гидрологических явлений, в целях снижения их негативных последствий.

Список литературы

Виноградов Ю.Б. Гляциальные прорывные паводки и селевые потоки. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1977, 155 с.

Глазырин Г.Е., Рейзвих В.Н. К расчету гидрографа стока при прорыве завальных озер // Тр. САНИГМИ. – 1968. – Вып. 32(47). – С. 8 – 12.

Дергачева И.В., Тилляходжаева З.Д. Селе-паводковые явление на территории Узбекистана и их влияние на здоровье населения // «Экономика и социум», № 1 (104)-2, 2023 год. С. 225–231.

Dergacheva I. Flash floods caused by the breakthrough of high-mountain lakes on the territory of Uzbekistan // European science review, 2018, P. 75–81

Ерохин С.А. Оценка прорывоопасности горных озер Кыргызстана в 2011 году. Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики. Издание восьмое с изменениями и дополнениями. – Б., Министерство чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики, 2011. – С.604–606.

Кидяева В.М. Оценка потенциальной опасности при прорывах горных озер: автореф. дис. … канд. геогр. наук. М: МГУ, 2014. 29 с.

Муракаев Р.Р., Старыгин Г.Н., Шамсутдинов В.Н. Гляциальные озера в верховьях рек, несущих воду на территорию Узбекистана//Труды САНИГМИ. -2004.-Вып. 167(243).

Мягков С.В. Гипотеза о разрушении тела плотины, состоящей из льда и обломочного материала // Сб. Тр. САНИГМИ. – 2001. – Вып.163(244). – С.169–179.

Никитин А.М. Водные ресурсы и водный баланс озер и водохранилищ Средней Азии / Под ред. Ю.Н. Иванова // Труды САНИИ. – 1986. – Вып. 108 (189). – 96 с.

Черноморец С.С., Висхаджиева К.С., Савернюк Е.А., Петров М.А., Ерохин С.А. и др. Селевые процессы на Алайском и Киргизском хребтах (на примерах бассейнов рек Шахимардан и Аксай) // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита: Материалы IV Международной конференции Россия, Иркутск Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2016. –С. 56–59.

Huggel C., Kääb A., Haeberli W., Krummenacher B. Regional-scale GIS-models for assessment of hazards from glacier lake outbursts: evaluation and application in the Swiss Alps // Natural Hazards and Earth System Sci., 2003, No. 3, p. 647–662.