

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
Институт водных проблем и гидроэнергетики

Межгосударственный диссертационный совет Д.25.14.494

На правах рукописи
УДК: 551.435.174; 504.5.06;
630*561.24; 235.216

ЗАГИНАЕВ Виталий Викторович

**ДИНАМИКА СЕЛЕВЫХ ПРОЦЕССОВ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ ИХ
УГРОЗЫ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА СЕВЕРНОГО
ТЯНЬ-ШАНЯ**

Специальность:

25.00.27 - Гидрология суши, водные ресурсы и гидрохимия

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Бишкек– 2016

Работа выполнена в Институте водных проблем и гидроэнергетики НАН КР

Научный руководитель: доктор технических наук, академик НАН КР и РТ
Маматканов Дюшен Маматканович

Официальные оппоненты: д.г.-м.н., Иманкулов Б.

к.т.н. Гайратов М.Т.

Ведущая организация: Департамент мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций, МЧС Кыргызской Республики

Защита состоится 5 сентября в 10:00 часов на заседании Межгосударственного диссертационного совета Д.25.14.494 при Институте водных проблем и гидроэнергетики НАН КР, Институте водных проблем, гидроэнергетики и экологии АН РТ и Таджикском национальном университете в режиме он-лайн

Адрес: 720033, г.Бишкек, ул. Фрунзе, 533.

е-mail: iwp@istc.kg телефон +996 (312) 32-37-27

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ИВП и ГЭ НАН КР по адресу: 720033, г. Бишкек, ул. Фрунзе, 533. е-mail: iwp@istc.kg

Автореферат разослан « 6 » августа 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
к.ф.-м.н.

Тузова Т.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации.

Среди опасных природных процессов, развитых на территории Кыргызской Республики особую опасность представляют селевые потоки. Наибольшее распространение имеют потоки ливневого происхождения, но они не всегда представляют угрозу для населения. Отличаются от них своей мощностью и катастрофичностью сели, образованные при прорывах высокогорных озер. Большинство населенных пунктов, в которых проживает основное население КР, расположены вблизи русел рек. Поэтому им угрожают селевые потоки и паводки. В зону поражения от таких потоков попадают многие населенные пункты, автомобильные дороги, хозяйственные постройки, линии электропередач, трубопроводы, а также сельскохозяйственные угодья и пастбища.

Каждый год селевые потоки угрожают сотням жителей, проживающим в горной, предгорной и в равнинной местности. Ущерб от схода селей и паводков может исчисляться от десятков тысяч до миллиона сом, нанося как прямой ущерб – поток смывает на своем пути дома и сооружения, так и причиняет косвенный – уничтожает сельхозугодья и пастбища.

Для Северного Тянь-Шаня является актуальным изучение селевых потоков с целью смягчения катастрофических последствий или полной нейтрализации угрозы, посредством принятия необходимых защитных мер и выработки рекомендаций является актуальным.

Цель и задачи исследования. Основная цель диссертационной работы заключается в усовершенствовании методов оценки селеопасности горных долин путем применения комплексного подхода и улучшении методики расчета зоны поражения.

Для реализации поставленных целей требуется решить следующие **задачи:**

- ✓ охарактеризовать особенности развития селевых процессов;
- ✓ оценить влияние геологических процессов на селеформирование;
- ✓ усовершенствовать методику построения зоны поражения речных долин селевым потоком;
- ✓ построить палеоселевую реконструкцию селевой активности, на примере селевой долины;

Объектом исследования являются горные долины Северного Тянь-Шаня.

Предметом исследования служат особенности развития селевых процессов.

Научная новизна работы состоит в том, что впервые в Кыргызстане:

- ✓ разработан комплексный подход для оценки селевой активности, включающий различные факторы, на примере долины р. Ала-Арча;
- ✓ усовершенствована методика расчета зоны поражения селевыми потоками с учетом обратной трансформации селевого потока в паводок;
- ✓ применен метод дендрохронологического датирования для оценки динамики селевых процессов на примере конуса Аксай.

Практическая значимость результатов.

Разработанные карты-схемы развития селевых процессов используются Ала-Арчинским природным парком для планирования мероприятий по селезащите и Департаментом мониторинга и прогнозирования МЧС КР для составления прогнозов развития опасных процессов на территории КР.

Экономическая значимость полученных результатов.

Разработанные критерии оценки селеопасности позволяют выделить из множества горных долин наиболее опасные. Это позволит экономить средства по эффективному прогнозированию селеопасности горных долин. Рекомендуемые прогнозные карты позволяют выделить уязвимые места для исключения строительства капитальных сооружений или минимизировать риск строительства защитных конструкций.

Положения выносимые на защиту:

- ✓ Критерии комплексного подхода оценки селеопасности горных долин.
- ✓ Механизм трансформации селевого потока в паводковый.
- ✓ Реконструкция палеоселевой активности дендрохронологическим методом на конусах выноса горных рек
- ✓ Активизация селевых процессов в условиях изменения климата.

Достоверность и обоснованность научных положений подтверждаются проведением детальных полевых исследований с применением современного оборудования и последующей обработкой результатов в современных GIS системах, а также положительными результатами от применения дендрохронологического метода датирования селевых потоков на примере конуса выноса Аксай, позволившего реконструировать потоки с 1877 по 2015 гг.

Публикации. Результаты диссертации достаточно полно отражены в публикациях автора. По теме диссертационной работы опубликовано 18 научных работ. Результаты диссертационных исследований опубликованы в специализированных изданиях Кыргызстана и Казахстана. Основные результаты работы докладывались на международных научно - практических конференциях НАН КР (Бишкек, 2011, 2013); КГУСТА (Бишкек,

2012); на международной конференции молодых ученых и студентов НС РАН (Бишкек, 2016)

Сотрудничество с зарубежными Институтами. Исследования проводились в рамках НИР Международного проекта DEFenCC (№ IZ73Z0_152301, включающий Кыргызстан, Узбекистан, Швейцарию и Россию) финансируемого SNSF (Swiss National Science Foundation) в Бернском университете по обучению применению дендрохронологического метода датирования селевых потоков.

Структура и объем диссертации. Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы, включающего 99 наименований и 9 приложений. Общий объем диссертации составляет 124 страницы компьютерного текста, включая 21 таблицу и 44 рисунка.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи исследований, определены основные научные положения выносимые на защиту, научная новизна и практическая значимость полученных результатов. Приведены данные о количестве публикаций.

Первая глава посвящена описанию района исследования с указанием наиболее селеопасных рек Северного Тянь-Шаня, в ней приведен аналитический обзор изученности селевых и паводковых процессов.

Северный Тянь-Шань имеет очень сложный горный рельеф, склоны горных хребтов динамичны. На рис.1 обозначен район исследования в пределах Северного Тянь-Шаня. Наряду с высокими хребтами Терской и Кунгей-Алатау (средняя высота над уровнем моря 4200 м) здесь встречаются внутригорные впадины, долины, подгорные наклонные равнины и другие формы рельефа.



Рис. 1 - Карта территории Кыргызстана. Район исследования обозначен синим цветом

Из-за особенностей рельефа в горных и предгорных районах Северного Тянь-Шаня сложились благоприятные условия для формирования опасных процессов и явлений, в том числе селей и паводков. Среди речных долин Кыргызского хребта особой селевой активностью отличаются следующие бассейны рек: Ала-Арча с боковыми долинами Аксай, Тезтор, Адыгене, Топ-Карагай и Кашкасу; Сокулук с долинами Акпай, Ашутор и Кейды-Кучкач; Иссык-Ата с селеопасной долиной Туяк; Аламедин, где самой селеопасной является Янткунуш; долина Иша р. Аксу; в долине р. Нооруз – Чирканак и Теке-Тор. Среди селеопасных горных долин Иссык-Кульской котловины: Чон-Аксу, Тон, Аксай, Чон – Кызылсуу, Тамга, Тосор, Джеруй, Чоктал. Опасные долины Таласского хребта: Каинды, Эшме, Карасуу, Карабулак, Кокджар.

Для участков долин, находящихся в разных высотных зонах, характерны селевые потоки различного генезиса: гляциальные, перигляциальные и ливневые.

- *Селевые потоки гляциального типа* с расходом в несколько сотен и тысяч м³/с формируются в долинах, где сохранилось современное оледенение и накопилась мощная толща гляциальных отложений. Примеры таких долин: Аксай, Адыгене, Теке-тор, Тезтор, Кейды-Кучкач. Такие мощные селевые потоки являются следствием прорывов высокогорных озер или внутриледниковых емкостей.

- *Селевые потоки перигляциального типа* с расходом в несколько десятков и сотен м³/с формируются в долинах в высотном интервале от 2500 до 3200 м со значительным количеством потенциального селевого материала, в том числе гляциальных отложений. Современное оледенение в этих долинах либо отсутствует, либо весьма незначительное, выраженное либо в виде небольших склоновых ледников, либо в виде погребенного льда. Селевой процесс начинается здесь с оплывания моренных или склоновых отложений. Это происходит тогда, когда на процесс активного снеготаяния накладывается дождь ливневого характера. Пример - Кашкасу, Чон-Каинды, Акпай.

- *Селевые потоки ливневого типа* с расходом от нескольких м³/сек до первых десятков м³/сек формируются в долинах в высотном интервале 1000-2500 м, где нет современного оледенения и значительных скоплений селевого материала. Примеры таких долин: Муратсай, Карагай-булак, Янткунуш. Выше этого интервала формируются гляциальные и перигляциальные сели в периоды активного таяния снега и льда высокогорной зоны. Ниже 1000 метров нет горных долин, способных образовать селевые потоки.

В главе рассматриваются вопросы изменения климатических факторов в системе селевого процесса с учетом метеорологических условий, характерных для определенного района, как в многолетнем разрезе, так и за короткий промежуток времени, предшествующий селевым потокам.

Для процесса селеформирования важно наличие водной составляющей, на которую оказывают влияние следующие метеорологические параметры: количество атмосферных осадков; режим и вид их выпадения; температура воздуха. Атмосферные осадки являются наиболее изменчивым климатическим фактором, участвующим в формировании селевых потоков ливневого генезиса. Температурный фактор является главным в процессе формирования селевых потоков прорывного генезиса.

Вопросами изучения селевых процессов на территории Северного Тянь-Шаня занимались следующие ученые и специалисты стран СНГ: Шеко А.И (1978), Григоренко П.Г. (1975), Крошкин А.Н. (1960), Диких (2003), Ерохин С.А (1987, 2001, 2003, 2009,2012), Биденко З.С., Иваненко А.Н. (1966), Гостев В.П. (1978, 1991), Шатравин В.И. (1988), Ставиский Я.С. (1984). Метод изучения селевых потоков при помощи дендрохронологического метода используемый в данной работе приведен в работах ученых стран дальнего и ближнего зарубежья: M. Stoffel (2005, 2011, 2012), С. Corona (2012, 2014), M. Bollschweiler (2007, 2011), D.M. Schneuwly (2009), J. Ballesteros-Cannovas (2014, 2016), J. Lopez Saez (2011), O. Solomina (2009).

Во второй главе приведена методика исследований, заключающаяся в инженерно-геологической оценке селеопасности горных долин и дендро-геоморфологическом методе реконструкции палеоселевой активности.

Инженерно-геологическая оценка селевой опасности горных долин включает в себя комплексное исследование территории: геологическое строение (литология, стратиграфия), геоморфологические, гидрогеологические, климатические условия, полевые работы по выявлению особенностей района исследования.

Дендро-геоморфологический метод обнаружения действия селевых потоков и других стихийных бедствий широко применяется зарубежными специалистами. В речных долинах Северного Тянь-Шаня он применен впервые по методике, разработанной в Бернском Университете, в лаборатории «Дендрогеоморфологии», под руководством M. Stoffel.

Нами исследования проводились в лесной зоне конуса выноса Аксай (Северный склон Кыргызского хребта, правый приток р. Ала-Арча), где произрастает преимущественно *Picea abies* (ель обыкновенная). Деревья с явными повреждениями ствола (раны и шрамы, расположенные по направлению к потоку или по касательной), наклоненные деревья или с раздвоением ствола (дефекты роста), являлись индикаторами селевой активности. На выбранном селевом конусе отбирались образцы двух типов: керны и спилы с поврежденных потоками деревьев. Образцы отбирались в верхней, средней и нижней частях конусов выноса. Координаты отбора образцов фиксировались с помощью GPS. На

местах отбора проводилась фото-съемка и документация мест отбора образцов и всех деревьев, с последующим созданием каталога-описи отобранных образцов.

Затем под микроскопом изучались годовичные кольца для датировок повреждений и выявлялись характерные для еловых повреждений смоляных каналов (Рис. 2).

Для обеспечения надежных датировок высверливались дополнительные керны образцов с повреждениями с целых участков выше по стволу. Для календарной привязки образцов палео - древесины была построена древесно-кольцевая хронология по кернам, отобранным с живых деревьев, не имеющих поверхностных повреждений.

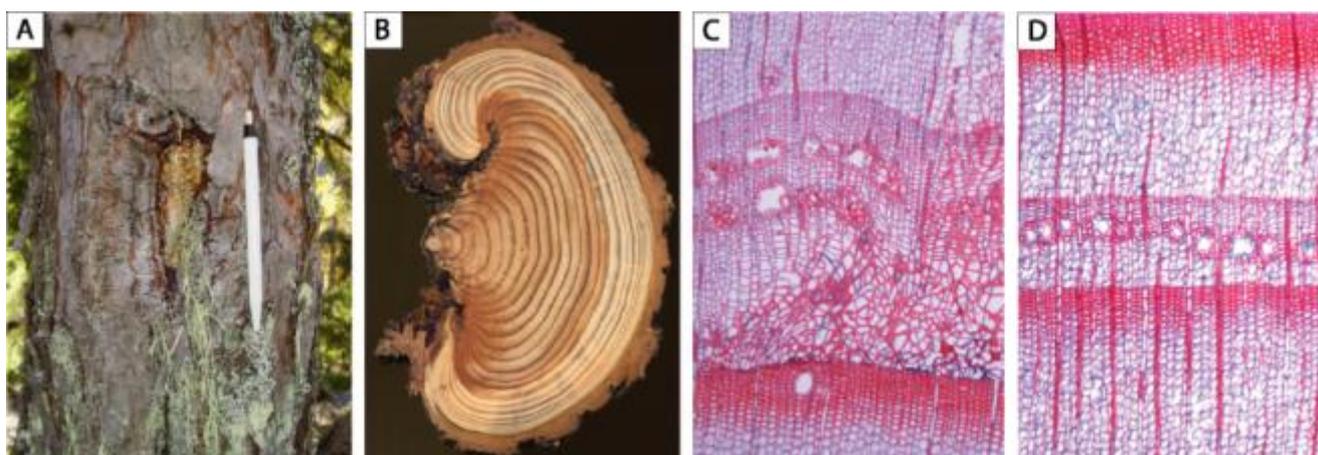


Рис. 2 - Пример поврежденного дерева (А), его спил (В) и поврежденные ткани древесины (С, D - светлые круглые образования в годовых кольцах при увеличении под микроскопом)

После датировок всех событий, основываясь на анализе характера и силы повреждений древесины и зная географические позиции всех поврежденных деревьев, была построена карта в ArcGIS™. Предварительно были подготовлены и оцифрованы аэрофото- и космоснимки за разные годы (1960, 1971, 1978, 2014 гг.). Анализ архивных изображений селевого конуса Аксай в периоды прохождения селей (Рис. 3) позволил оценить динамику процессов на конусе и дешифровать селевые каналы. Анализ повреждений, зафиксированных у конкретных деревьев, и дешифрирование аэрофто и космо - снимков дали представление о том, какие участки селевого конуса были затронуты при прохождении селей в определенные годы, позволили интерпретировать пространственное распределение прошлых событий на селевом конусе и показать схематично, какие части конуса были вовлечены в процесс и пострадали больше всего.

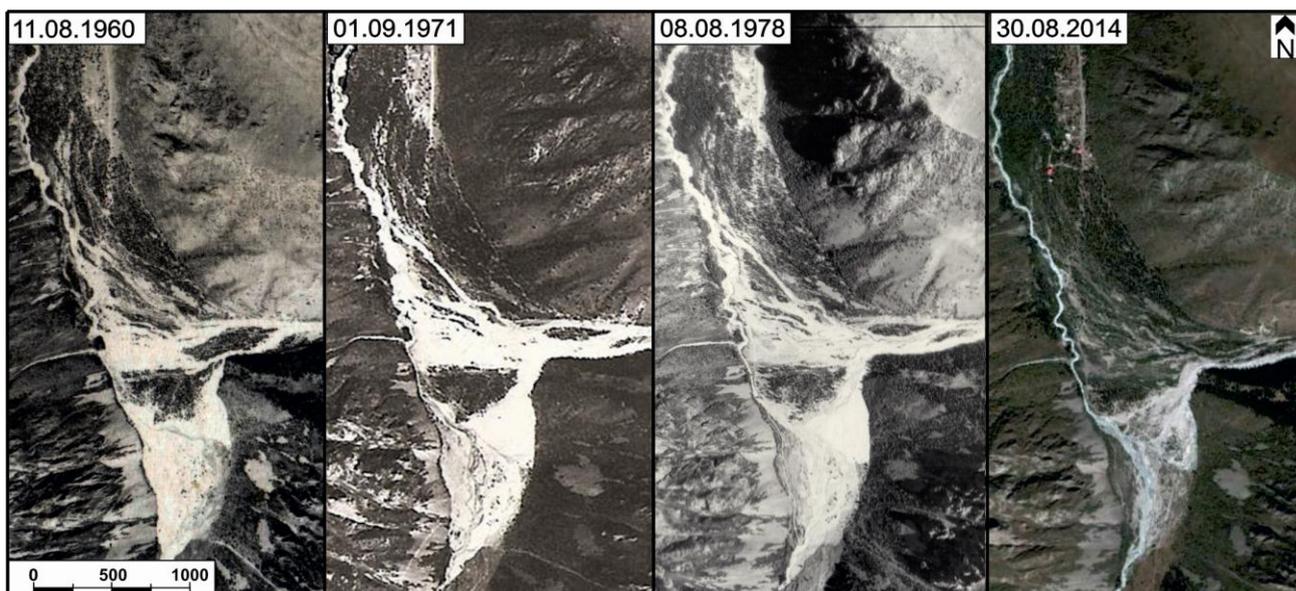


Рис. 3 – Динамика селевых процессов на конусе Аксай в разные годы

Третья глава посвящена изучению селевой опасности горных и речных долин.

На основе анализа условий формирования и трансформации селевых потоков показано, что развитие селевых процессов зависит от трех важных факторов:

- наличия в горной долине селевых очагов (селевым очагом, или очагом формирования твердого стока считается часть речного бассейна, с которой поступает рыхлообломочный материал в селевой поток);
- накопления в горной долине большого объема воды и последующего ее сброса;
- наличия на днище и бортах долины рыхлообломочного материала, который может быть вовлечен в селевой процесс.

Первый фактор морфологический, второй гидрологический, третий литологический. Каждый из трех факторов играет свою роль в формировании селевых потоков и от их совокупного действия зависит активность селевого процесса на каждом участке его развития в горной долине. Для оценки селевой опасности по этим факторам нами выделены следующие шесть критериев.

По морфологическому фактору:

- ✓ наличие селевых очагов и их мощность;
- ✓ площадь селесборов (оценка площади водосборного бассейна, в пределах которого формируются селевые потоки).

По гидрологическому фактору:

- ✓ наличие прорывоопасных озер на территории селесбора;
- ✓ наличие современных морено-ледниковых комплексов на территории селесбора.

По литологическому фактору:

- ✓ присутствие в долине раннеголоценовых и плейстоценовых моренных отложений, как наиболее предрасположенных к формированию селей;
- ✓ влияние различных типов экзогенных геологических процессов (ЭГП) на селеформирование.

Данный подход оценки селеопасности горных долин был впервые применен на примере бассейна р. Ала-Арча.

Анализ архивного материала позволил определить, что в прошлом из боковых долин в главную долину р. Ала-Арчи неоднократно выходили селевые потоки (Рис. 3). По их количеству также можно судить о селевой активности селесборов. Поэтому нами вводится еще один, седьмой по счету, критерий – исторический, оценивающий селевую активность селесбора в прошлом.

Общее влияние трех факторов можно оценить по указанным 7 критериям. Степень воздействия каждого критерия оценивается с помощью одного или нескольких вводимых нами количественных параметров (баллов). Каждый из критериев вносит от 1 до 4 баллов. В результате для каждой долины нами было подсчитано общее количество баллов.

Анализ всех критериев, влияющих на селевую активность, позволил сделать некоторые заключения о селеопасности боковых долин р. Ала-Арча:

1. Максимальная возможная опасность селесбора по всем критериям селевой опасности оценена нами в 27 баллов, т.е. в сумме 100%. Всего в долине Ала-Арча выделено 54 селесбора, селевая активность которых оценивается от 7 до 27 баллов, а вероятность селеформирования от 20 до 100%.

2. Все селесборы по селевой активности и вероятности селеформирования разделяются на 4 типа, параметры каждого из них приведены в таблице 1, в которой долины дифференцированы на очень опасные, весьма опасные, опасные и менее опасные.

Таблица 1 - Типы селевой опасности и их параметры на примере долины р. Ала-Арча

Тип селесборов	Количество селесборов	Селевая активность в баллах	Вероятность селеформирования, в %	Представительные селесборы
Очень опасные	7	22-27	80-100	Адыгене, Аксай, Тезтор, Кашкасу, Топкарагай, Джиндысу
Весьма опасные	12	16-21	60-80	А14, А5, Муратсай, Кадырберды, Теке-тор, Карагайбулак
Опасные	13	13-15	40-60	Шорсу, Арчалы, Барбулак, Оорусай
Менее опасные	22	7-12	20-40	Мелкие саи и ложбины

Как показывает анализ прошлых событий, селевые потоки первого типа (очень опасные) могут перекрыть русло р. Ала-Арча плотиной. Её прорыв станет причиной мощного паводка расходом до 70-100 м³/сек с катастрофическими последствиями для жителей долины. Селевые потоки второго и третьего типа при максимальной мощности своих проявлений могут сформировать по реке Ала-Арча паводки расходом до 30-40 м³/сек. Такие паводки несут некоторую угрозу линиям коммуникаций и жителям прибрежных участков. Селевые потоки четвертого типа угрожают хозяйственным и жилым строениям в устьях мелких и средних саев и ложбин в основном в предгорной зоне долины р. Ала-Арча.

В четвертой главе диссертации рассмотрены вопросы прогноза селевых явлений и мер защиты от них. Одним из важных видов прогноза является временной. Очень важно заблаговременно предупредить соответствующие органы об угрозе. На примере прорыва оз. Тезтор (31.07.2012 г.) приведен мониторинговый прогноз прорыва озера и соответственно селевого потока.

Наличие мощного селевого очага, благоприятный уклон и прорывоопасное озеро в верховьях долины указали на необходимость детального изучения. Средний уклон долины р. Тезтор составляет не менее 0,23 и не более 0,36. Продольный профиль изображен на рис. 4, с обозначением всех зон: зарождения потока; зона насыщения обломочным материалом, зона транзита, зона разгрузки.



Рис. 4 - Продольный профиль р. Тезтор

Прогноз прорыва на основе анализа мониторинговых данных со станции Адыгене был дан за одну неделю до прорыва озера, что позволило принять заблаговременные меры по смягчению последствий прохождения потока.

Селевые и наносоводные потоки ливневого генезиса значительно меньше по площади поражения, чем прорывные потоки, но случаются они значительно чаще.

Для северного склона Кыргызского хребта характерны два периода наиболее вероятного прохождения селевых потоков ливневого происхождения:

- ✓ конец мая - начало июня;
- ✓ июль – август.

Селевые потоки ливневого генезиса опасны своей многочисленностью и частотой проявления. Даже в небольших предгорных саях, с площадью водосбора менее одного квадратного километра, формируются наносоводные потоки расходом в несколько м³ в секунду. Такие потоки способны разрушать дома, хозпостройки, размывать и заваливать обломочным материалом автодороги, водоканалы, сельхозугодья, разрушать опоры линий электропередач. Все предгорные и подгорные населенные пункты в той или иной мере подвержены разрушительному действию селевых и наносоводных потоков.

Характерно два периода прохождения селей. В первый период сели формируются в основном за счет таяния снега и выпадения дождей в среднегорной и высокогорных областях. Формирование селей во второй период связано с таянием ледников.

Для защиты от разрушительного действия селевых потоков и формируемых ими паводков создается система защиты, которая строится на основе информации, характеризующей как селепаводковый поток, так и его воздействие на горную долину. Важнейшей составной частью этой информации является карта зоны селевого поражения горной долины и прилегающей к ней подгорной равнины.

Для расчета зоны поражения основной задачей является определение высоты селепаводкового потока. Необходимый нам параметр входит в аналитическую формулу, определения скорости потока:

$$V = Q/F, \quad (1)$$

где V - скорость потока, м/с; Q - его расход, м³/с; $F = B \times H$ - площадь поперечного сечения потока, м², B – ширина потока, H – высота потока.

При движении потока вниз по долине его скорость зависит от высоты потока и уклона русла. Эта зависимость аналитически отражена в формуле Херхеулидзе (1972). Она была получена эмпирическим путем после полевых исследований селепаводковых потоков и имеет следующий вид:

$$V = 4,83 \times H_p^{0,5} \times i^{0,25} \quad (2)$$

где, 4,83 - эмпирический коэффициент; H_p – высота (глубина) селепаводкового потока, м; i - уклон русла.

Для определения ширины зоны поражения на каждом участке долины необходимо:

- построить профиль этого участка долины по поперечному створу. Для этого необходимо выполнить профилирование долины с целью определения высоты потока;
- определить глубину селепаводкового потока относительно дна долины.

Из (1, 2) можно получить формулу определения высоты селепаводкового потока

$$H_p^{3/2} = \frac{Q_n}{4,83 \times i^{0,25} \times B} \quad (3)$$

Использование этой формулы возможно, если известна величина расхода селепаводкового потока, для определения которого необходимо представлять, как он формируется.

При расчете зоны поражения важно учитывать фактор обратной трансформации селея в паводок, при котором селевые потоки теряют свою энергию. Это проявляется в сбросе транспортируемого ими обломочного материала, уменьшении их плотности, и трансформации потока по следующей схеме: селевой – селепаводковый - паводковый. Соответственно с трансформацией потока уменьшается его расход. Полевые наблюдения в бассейнах рек Аксай-Тон (Северный склон Терской – Алатау, Иссык-Кульская область) за трансформацией селепаводкового потока по мере его движения вниз по долине после выхода из селевого очага показывают, что уменьшение расхода потока происходит так, как это показано на графике рис. 5. В результате полевых исследований нами было установлено, что уже через 2 км ниже устья селевого очага расход потока уменьшается на 75%.

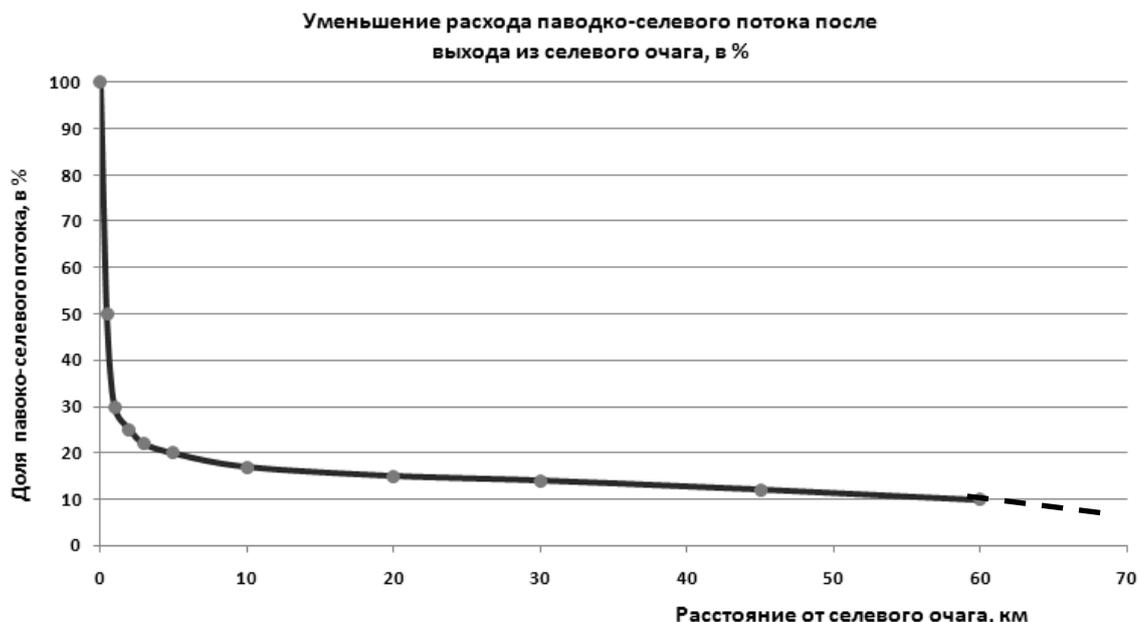


Рис. 5 - График уменьшения расхода селе-паводкового потока при удалении от устья селевого очага (по результатам полевых обследований)

Население, проживающее в зоне поражения селевым потоком, должно быть информировано о селеопасных долинах и о зоне поражения, в которую попадают жилые постройки. Также важно знать основные характеристики и параметры селевых явлений. На основе прогнозной карты зон поражения селем (Рис. 6) до жителей, проживающих в опасных зонах, заблаговременно доводится информация об опасности, и на основе этой информации строятся и разрабатываются эвакуационные мероприятия. Для расчета опасной зоны использовалась формула (3) и построенные профили при помощи GPS. На основе этих данных была построена карта-схема для защиты жителей долин Аксай – Тон, представленная на рис. 6.

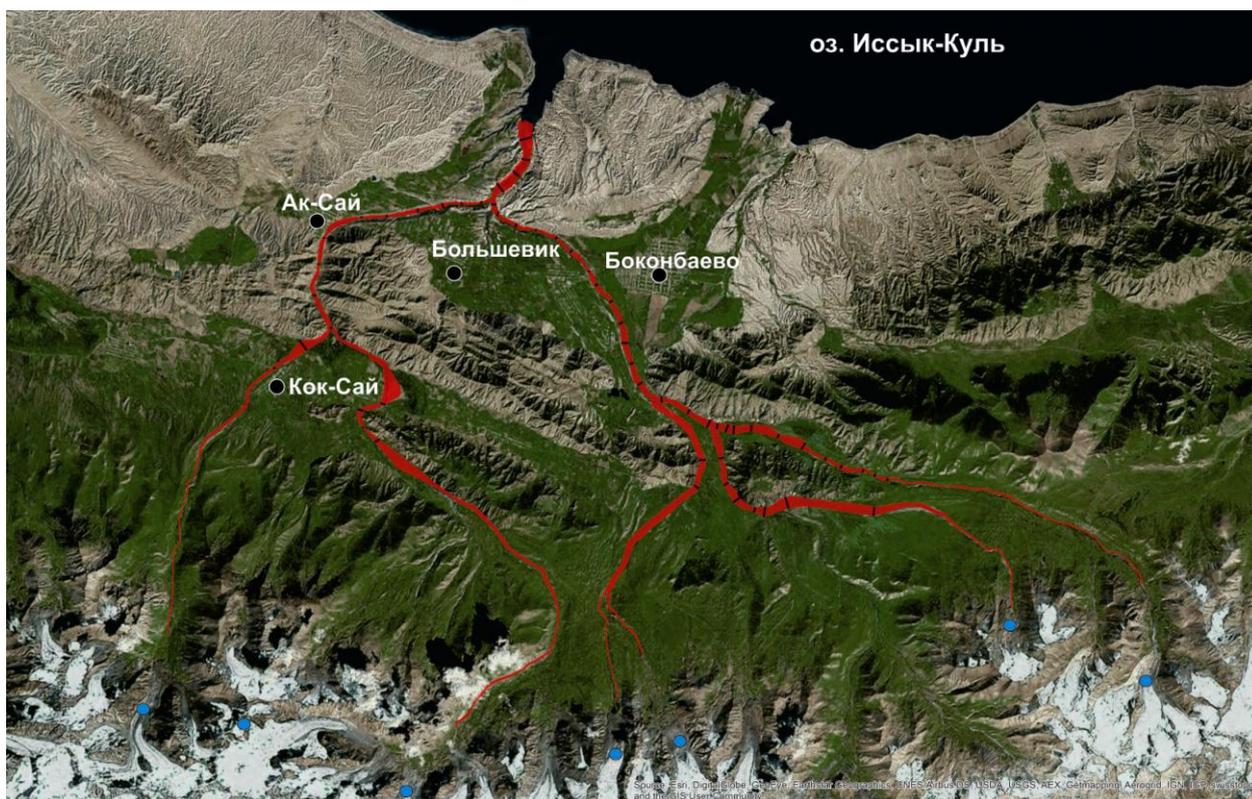


Рис. 6 – Зона поражения селевыми и паводковыми потоками, долин рек Аксай-Тон. Синими точками указаны прорывоопасные озера. Линиями – продольные профили. Населенные пункты – черными точками

Пятая глава посвящена дендрохронологическому методу палеоселевой реконструкции селевых потоков.

Данное исследование способствует лучшему пониманию динамики селевых процессов и дает возможность заполнить пробелы и восстановить прошлую активность. Нами для анализа в долине Аксай (бассейн р. Ала-Арча) было отобрано 150 образцов с 97 поврежденных деревьев (*Picea abies* - ель обыкновенная), что позволило определить 320 нарушений роста и реконструировать 27 селевых потоков между 1877 и 2015 гг.

Полученные результаты показывают разную динамику селевой активности в прошлом столетии. На основании полученных результатов прослеживается активность в течение периода 1916-1960 гг., когда частота селей была 0,25 событий в год, в 1960-80 гг. частота потоков была выше - 0,55 событий в год, а в 1980-2015 частота снизилась до 0,11 событий в год.

Как видно из рис.7, наибольшей селевой активностью отличались 60-ые годы XX века. Из архивных материалов следует, что мощные селевые потоки были зарегистрированы здесь 5 июля 1960 г., 29 июля 1961 г., 21 августа 1965 г., 18 июня 1966 г., 13, 24 и 25 июля 1968 г., 24 июля 1969 г. Максимальные расходы были зафиксированы в 1968 г. (800 м³/с) и 1969 г. (900 м³/с).

Активность селевых процессов обусловлена особенностями строения ледника Аксай. Его конечная языковая часть как плотина препятствовала стоку талых вод с верховий ледника, способствовала их аккумуляции в трещинах Аксайского ледопада с последующим их прорывом. В процессе деградации ледника его языковая часть протаяла, в ней появились каналы стока, через которые талая вода стекала вниз по долине, не задерживаясь. Таким образом, аккумуляция талых вод в теле ледника стала невозможной. Соответственно, исчезли прорывные потоки со стороны ледника Аксай, и в долине Аксай после 60-х годов XX века наступил период селевого затишья.

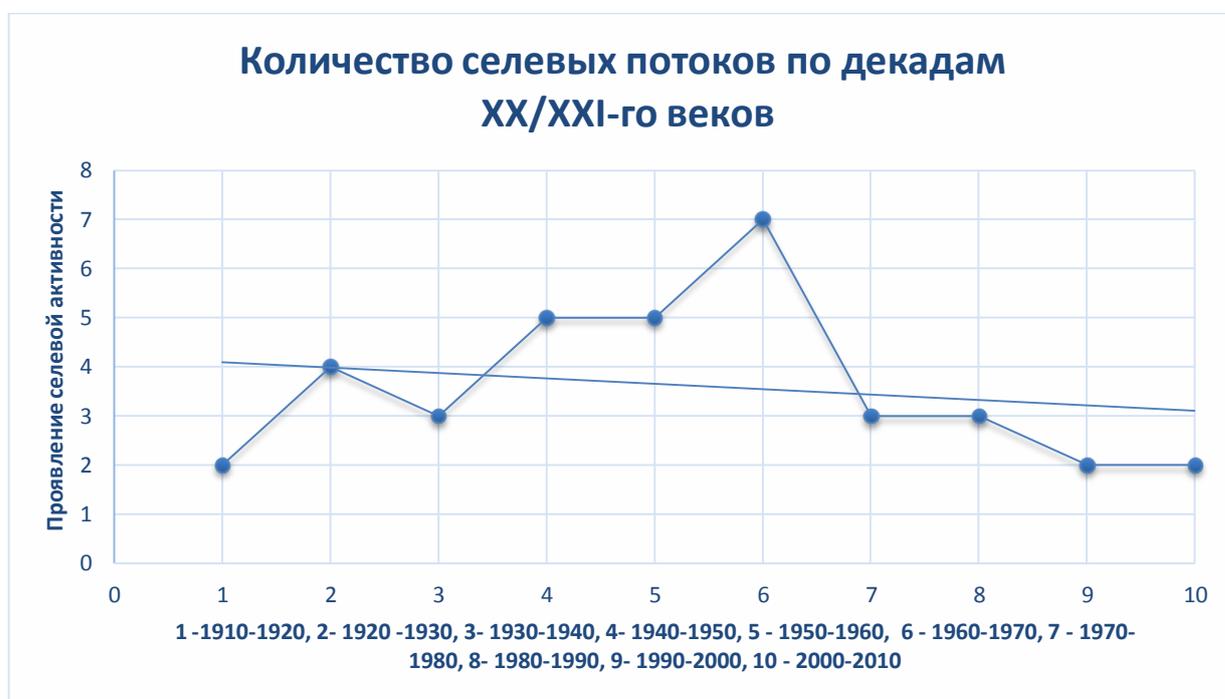


Рис. 7 - Колебания количества селевых потоков в долине реки Аксай по декадам XX-го века

Помимо констатации прохождения селевых потоков, были определены зоны, подверженные действию селевых потоков.

Были составлены две различные схематические модели (Рис.8) с пространственно-временным распределением потоков с 1877 по 2015 гг. Составленные модельные схемы дают ясное представление о действиях селевых потоков в прошлом. На Рис.8 А приведена общая схема Аксайского конуса выноса с указанием всех исторически зафиксированных селевых каналов. Примером, когда потоком были охвачены северная и южная части конуса, служит событие 1936 г. (Рис. 8 В), центральная часть конуса не была охвачена. Селевой поток в 1968 г. охватил весь конус, включая каналы в северной, центральной и южной частях (Рис. 8 С). В некоторых случаях поток достигал главного русла р.Ала-Арча по каналам 10 и 1 (Рис. 8 В, С) и даже частично перекрывал его. На Рис. 8 D показана схема прохождения потока в ходе селя 1999 г., активным был канал 8 в центральной части и каналах 4 и 3 вблизи к современному руслу Аксай.

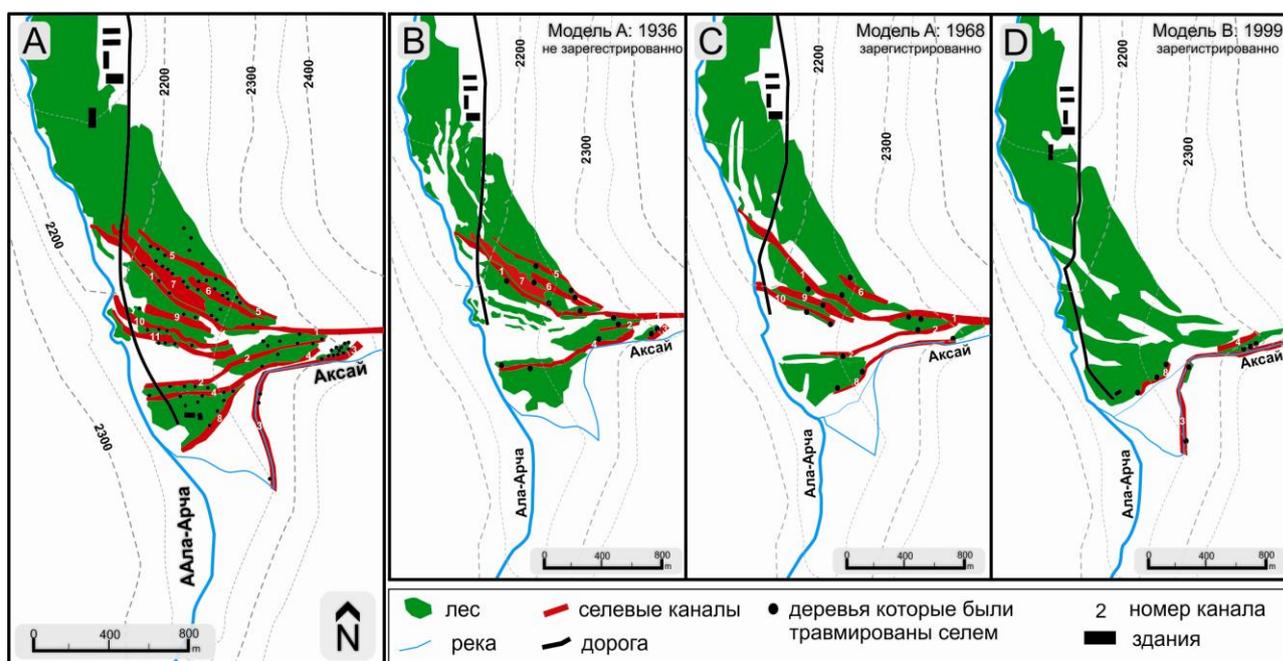


Рис. 8 - Схема Аксайского конуса выноса: А - с указанием всех исторически зафиксированных селевых каналов; В – селевой поток 1936 г. незарегистрированный в исторических хрониках; С, D – схема распространения селевых потоков 1968 и 1999

Единственной нерешенной проблемой остается разделение потоков ливневого генезиса от потоков прорывного характера, основываясь на дендрохронологическом анализе. Одним из путей решения является сезонность, которая определяется при анализе годовичных колец. Для потоков ливневого происхождения характерны март, апрель, май месяцы, а для прорывных потоков - июнь, июль и август - месяцы с активным таянием. В табл. 2

приведена сезонность определенная по образцам, а также зарегистрированные Кыргызгидрометеослужбой и Госгеолоагентством события. Отличительной характеристикой этих двух видов селей является магнитуа потока. Для прорывных селей она выше в сравнении с потоками ливневого генезиса. О величине магнитуды можно судить по количеству поврежденных деревьев во время отдельно взятого события и их пространственному распределению на конусе.

Таблица 2. Селевые потоки и год их прохождения, найденные дендрохронологическим методом. Курсивом отмечены зарегистрированные в отчетах события, для них указан зафиксированный расход; жирным шрифтом – восстановленные дендрохронологическим методом .

Год	Сезон/Дата	Расход, м³/с
1877	ИИА	-
1885	ИИА	-
1916	ИИА	-
1918	МAM	-
1922	ИИА	-
1924	МAM	-
1928	ИИА	-
1934	ИИА	-
1936	ИИА	-
1941	ИИА	-
1943	МAM	-
1950	ИИА	-
1955	МAM	-
<i>1960</i>	<i>05 июль</i>	-
<i>1961</i>	<i>29 июль</i>	-
<i>1965</i>	<i>21 август</i>	-
<i>1966</i>	<i>18 июнь</i>	70
<i>1968</i>	<i>24,25 июль</i>	800
<i>1969</i>	<i>24 июль</i>	900
<i>1970</i>	<i>18 июль, 2 август</i>	40
1973	ИИА	-
1975	МAM	-
1977	МAM	-
<i>1980</i>	<i>18 июль, 3 август</i>	45
1993	МAM	-
<i>1999</i>	<i>Июнь</i>	70
<i>2015</i>	<i>25 июль</i>	<i>100-120</i>

* В зависимости от расположения травмы, можно определить сезон, когда произошло событие: МAM – Март, Апрель, Май; ИИА – Июнь, Июль, Август.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

- На примере долины р. Ала-Арча предлагается новый комплексный подход оценки селеопасности горных долин, разработанный на основе критериев, с применением балльной системы, позволяющей дифференцировать долины по степени предрасположенности к селеформированию и по степени селеопасности.

Установлено, что для оценки селеопасности необходимыми оценочными критериями являются:

- ✓ наличие селевых очагов;
- ✓ площади селесборов;
- ✓ высокогорные прорывоопасные озера;
- ✓ наличие морено-ледниковых комплексов;
- ✓ наличие селеформирующего (рыхлообломочного) материала;
- ✓ исторический критерий (отражающий повторяемость событий);
- ✓ влияние экзогенных геологических процессов.

- Предлагается усовершенствованная методика расчета зоны поражения селевыми потоками.

- Датированы селевые потоки с использованием дендрохронологического метода для оценки динамики процессов на селевом конусе выноса Аксай позволило восстановить 15 незарегистрированных и 11 подтверждённых потоков с 1877 по 2015 гг. Были определены опасные зоны на конусе, которые были активны в 60-е гг. (максимальные расходы были 800 – 900 м³/с) во время прохождения мощных селей и они активизировались во время селея 2015 г. (расход 100 - 150 м³/с).

- Полученная информация обеспечивает возможность оценки селеопасности горных долин и организовать селезащитную систему от угрозы действия селевых процессов на жилые поселки и сельхозугодья в горных долинах.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Оценка селевой опасности горных долин Кыргызстана и прогноз селевой активности в 2010 году. [Текст] /Ерохин С.А., Мангельдина Н.Г., Загинаев В.В.// Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики. Издание седьмое с изменениями и дополнениями. - Б., Министерство чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики, 2010. – С. 594-605.
2. Прогноз активности селевых и паводковых потоков Кыргызстана в 2011 году. [Текст] /Ерохин С.А., Загинаев В.В. // Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики. Издание восьмое с изменениями и дополнениями. - Б., Министерство чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики, 2011. – С. 601-604.
3. Прогнозирование селей в горных долинах Кыргызстана (на примере Северного склона Терской-Алатоо). [Текст] / Загинаев В.В. // Сборник научных трудов №65. Институт водного хозяйства – Тбилиси, 2010. С. 64-67.
4. Селевая активность в долине реки Ала-Арча. [Текст] / Загинаев В.В. // Сборник материалов научно-практической конференции молодых ученых Кыргызстана «Старт в большую науку» Б.-2013. С.48-50
5. Литология селеформирующих отложений и прогноз селевой активности в 2012 году. [Текст] /Ерохин С.А., Загинаев В.В. // Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории КР. Б., Министерство чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики, 2012. С. 594-606.
6. Прорыв морено-ледникового озера Тез-Тор (Северный Тянь-Шань). [Текст] /Тузова Т.В., Загинаев В.В. // Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории КР. Б., МЧС КР, 2013. С. 563-570.
7. Возможность прогнозирования прорывоопасности горных озер нестационарного типа с помощью уран-изотопных индикаторов. [Текст] /Тузова Т.В., Загинаев В.В. // Вестник Кокшетауского технического института министерства по чрезвычайным ситуациям республики Казахстан, №1(9), 2013. С. 25-34.
8. Использование методов дистанционного зондирования и геоинформационных систем (ГИС) для изучения причин формирования селевых потоков и оценки их опасности. [Текст] /Тузова Т.В., Загинаев В.В. // Сборник научных трудов №69. Институт водного хозяйства – Тбилиси, 2014. С. 119-122.

9. Оценка прорывоопасности горных озер нестационарного типа уран-изотопным методом. [Текст] / Тузова Т.В., Загинаев В.В. // Сборник научных трудов №69. Институт водного хозяйства – Тбилиси, 2014. С. 263-269.
10. Причины паводко-селевых процессов и прогноз их развития в 2014 г. [Текст] / Ерохин С.А., Загинаев В.В. // Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории КР. Б., МЧС КР, 2014. С. 590-594.
11. Studying the outburst of the Merzbacher lake of Inylchek glacier, Kyrgyzstan with Remote Sensing and field data. [Text] / Arnob Bormudoj, A. Shabunin, M. K. Hazarika, L. Samarakoon, Zaginaev V. // Proceeding of 33rd Asian Conference on Remote Sensing, 2012 ACRS 2012, Pattaya, Thailand, pp/ 428-436.
12. Monitoring Behind Flooding by Ground Waters in Chu Area. . [Text] / Zaginaev V. , Zvyagin D. // Proceedings of AASA Regional Workshop on “The Roles of Academies of Sciences in Water and Energy Problems in Central Asia and Ways for Their Solution” / Compilation by T.V. Tuzova, A.Z. Dzhumanazarova; The National Academy of Sciences (NAS KR) – Bishkek, 2011. pp. 84-89.
13. Studying the outburst of the Merzbacher lake of Kyrgyzstan using satellite images and field data. [Text] / Shabunin A., Mandychhev A.N., Zaginaev V. // Сборник материалов Шестой Центрально-Азиатской ГИС Конференции. Б.-2012 С.77-85.
14. О типизации и прогнозе селевых георисков в Кыргызстане. [Текст] / Абдрахманова Г.А., Ерохин С.А., Загинаев В.В., Клименко Д.П., Гасанова А.Т. // Современные техника и технологии в научных знаниях. Материалы докладов VIII Международной конференции молодых ученых и студентов – Бишкек, 2016. С. 7-10
15. Технологии оценки прорыва типов моделей плотин горных озер и вызванных ими селевых георисков в Тянь-Шане. [Текст] / Ерохин С.А., Загинаев В.В. // Современные техника и технологии в научных знаниях. Материалы докладов VIII Международной конференции молодых ученых и студентов. Б., 2016. С. 118-124.
16. Прогноз прорывоопасности горных озер Кыргызстана на основе их каталога. [Текст] / Ерохин С.А., Загинаев В.В. // Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории КР. Б., МЧС КР, 2016. С. 627-639.
17. Современные и палео-селевые риски в горных странах на примере Кыргызстана и Казахстана. [Текст] / Усупаев Ш.Э., Абдрахманова Г.А., Ерохин С.А., Яфязова Р.К., Загинаев В.В. // Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории КР. Б., МЧС КР, 2016. С. 572-576.

18. Reconstruction of glacial lake outburst floods in Northern Tien Shan: Implications for hazard assessment. [Text] / Zaginaev V., Ballesteros-Canovas J., Erokhin S., Matov E., Petrakov D., Stoffel M. // Geomorphology 269, 2016, pp. 75-84 (in press) [doi:10.1016/j.geomorph.2016.06.028](https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.06.028).

РЕЗЮМЕ

диссертации Загинаева Виталия Викторовича «Динамика селевых процессов и методы защиты от их угрозы в условиях изменения климата Северного Тянь-Шаня» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.27 – «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия».

Ключевые слова: селевые потоки; селевые очаги; селеоборы; селевые отложения; конус выноса; зона поражения; прорывы высокогорных озер; древесные кольца; дендрохронология; изменение климата.

Объектом исследования являются горные долины склонов Северного Тянь-Шаня.

Цель работы заключается в усовершенствовании методов оценки селеопасности горных долин путем применения комплексного подхода и улучшении методики расчета зоны поражения.

Методы исследования включают полевые эксперименты и маршрутные исследования, расчетную аналитику, картирование и дешифрирование аэрофото- и космоснимков в современных ГИС с применением стандартных и разработанных методик оценки селевой опасности и активности речных долин.

Диссертационная работа посвящена исследованию селевых потоков в горных долинах Северного Тянь-Шаня, на основе которого автором предлагается методика комплексной оценки селеопасности горных рек (на примере р.Ала-Арча). По результатам проведения полевых экспериментов в долинах Ак-Сай-Тон (Северный склон Терской Алатау) улучшена методика расчета зоны селепаводкового поражения, с учетом фактора обратной трансформации потока из селевого в паводок. Впервые на конусе выноса Аксай применен метод дендрохронологического датирования повреждений древесины для палеореконструкции селевых потоков, позволивший восстановить события с 1877 г. и выявить опасные, уязвимые зоны.

Полученные результаты исследований могут быть использованы в работе профильных организаций обеспечивающих защиту населения и территорий от угрозы действия селевых потоков, а также в качестве учебно-методического материала в ВУЗах и колледжах.

КЫСКАЧА МАЗМУНУ

25.00.27 - «Кургактыктын гидрологиясы, суу ресурстары, гидрохимия адистиги» боюнча техника илимдеринин кандидаты илимий даражасына изилдөө жүргүзгөн Загинаев Виталий Викторовичтин “Сел процесстеринин динамикасы жана Түндүк Тянь-Шандагы климаттын өзгөрүү шартындагы коркунучунан коргонуу методдору” темасындагы илимий эмгегине

Негизги сөздөр: сел агымдары, сел башаты, селдин топтолушу, сел калдыктары, чыгуу конусу, жабыр тарткан зона, бийик тоолордогу көлдөрдүн жырып кетүүсү, бактын жыл өлчөөчү шакекчелери, дендрохронология, климаттын өзгөрүшү.

Түндүк Тянь-Шань тоо өрөөнүнүн боору изилдөөнүн объектиси болуп саналат.

Эмгектин максаты: жабыр тарткан зонаны эсептөө методикасын жакшыртуу жана комплекстүү мамилени колдонуу жолу менен тоо өрөөнүнүн сел коопсуздугун баалоо методун өркүндөтүү болуп саналат.

Изилдөөнүн методу өзүнө талаа эксперименти менен маршруттук изилдөөнү, эсептөө аналитикасын, заманбап ГИСТеги аэрофото жана космостук сүрөттөрдү сел коопсуздугун жана өрөөн сууларынын активдүүлүгүн баалоонун иштелип чыккан стандарттуу методикасын колдонуу менен картирлөө жана чечмелөөнү камтыйт.

Диссертациялык иш автор тарабынан болжолдонгон тоо сууларынын (мисалы Ала-Арча суусу) сел коопсуздугун комплекстүү баалоо методикасынын негизинде Түндүк Тянь-Шань тоо өрөөнүндөгү сел агымдарын изилдөөгө багытталган.

Ак-Сай-Тоң (Тескей Ала-Тоонун түндүк бети) өрөөндөрүндө ташкынга суу ташкынынын кайра трансформациялануу факторун эске алуу менен жүргүзүлгөн талаа эксперименттеринин натыйжасында суу ташкынынан жабырланган зонаны эсептөө методикасы жакшырды. Аксай чыгуу конусунда 1877-жылдагы болгон окуяны эске салган, сел агымын палеорекострукциялоо жана кооптуу сел жүрүү коркунучу бар зоналарды аныктоо үчүн жабыр тарткан бак- дарактарды дендрохронологиялык дата берүү методу биринчи жолу колдонулду.

Алынган изилдөөнүн жыйынтыгы калкты жана аймакты сел агымынын коркунучунан коргоону камсыз кылган тармактык уюмдардын ишинде, ошондой эле ЖОЖдордо жана колледждерде окуу-методикалык материалы катары колдонулушу мүмкүн.

SUMMARY

of dissertation work of Zaginaev Vitalii Viktorovich on the “Dynamic of debris-flow processes and defenses methods from their threat in a climate change condition” for the degree of candidate of technical sciences 25.00.27 – “Hydrology of land, water resources & hydro-chemistry”

Keywords: debris flow; debris-flow center; debris-flow sediments; debris cone; GLOF; englacial reservoir ; tree rings; dendrochronology.

Research object are the slopes of the mountain valleys of the North Tien Shan.

Purpose of work to improve debris-flow risk assessment methods in the mountain valleys by applying an integrated approach and the improvement of the affected area calculation methods.

Research methods include field experimentation and studies, computational analytics, mapping and interpretation of aerial and satellite images in modern GIS using standard valuation techniques and developed debris flow hazard and activity of the river valleys.

The thesis is devoted to the study of debris flows in the mountain valleys of the North Tien Shan, on the basis of which the author of the technique of a complex estimation of debris-flow risk mountain rivers (for example, r. Ala-Archa). According to the results of field experiments in the valleys of Ak-Say-Ton (North Slope Terskey Alatau) improved calculation method debris-flow affected areas, taking into account the flow factor inverse transformation from debris-flow to flood. For the first time on the Aksay fan was used dendrochronological dating method for the debris-flows paleo-reconstruction, was reconstruct the events from 1877 and reveal dangerous, vulnerable zones.

The results obtained can be used in the work of specialized organizations that protect the people and territories from the threat of debris-flows action, and as a training and methodological material in Universities and colleges.