

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. И. РАЗЗАКОВА**

**КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им Б.Н. ЕЛЬЦИНА**

На правах рукописи
УДК: 624.145.8(575.2):(043.5)

ТОКТОГУЛОВА АЙЧУРЕК ШЕРКУЛОВНА

**РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ И УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ
ОТ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ И ЗАТОРОВ ЛЬДА
НА РЕКАХ КЫРГЫЗСТАНА**

Специальность: 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы

Диссертация
на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук

Научный руководитель д.ф.-м.н., профессор Кабаева Г. Дж.

Бишкек – 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Глава 1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА ЗАЩИТЫ ОТ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ И ЗАТОРОВ ЛЬДА НА РЕКАХ	10
1.1. Обзор литературы о состоянии реки Аламедин и Ала-Арча в черте г. Бишкек	10
1.2. Обзор исследований о формировании селевых потоков	20
1.3. Обзор формирования заторы льда на реках и защиты от них	25
1.4. Выводы по главе	33
Глава 2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАТОРОВ ЛЬДА НА РЕКАХ КЫРГЫЗСТАНА	36
2.1. Объект исследования формирования заторов льда на реках	36
2.2. Физико-механические свойства зажорных закупорок на реках	41
2.3. Методы исследования формирования «головы и тела затора» на реке Ала-Арча с анализом гидрометеорологических данных	44
2.4. Методика исследования методом математического моделирова-	

ния процессов формирования заторов льда на реках	56
2.5. Выводы по главе	63
Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	60
3.1. Экспериментальное исследование режимов течения речной воды ..	60
3.2. Исследование процесса зажорной закупорки на водораспределительном сооружении в русле реки Ала-Арча	67
3.3. Математическое моделирование формирования шаровидной шуги, составляющей основного материала зазора на русло реки Ала-Арча	70
3.3.1. Расчёты с построением траекторий движений материальных точек (кристаллы шуги), как элементов сплошной среды в турбулентном режиме потока воды	81
3.3.2. Экспериментальные исследования для подтверждения материалы шуги из снежных лепестков кристалл, в холодном внутриводном с турбулентным режимом течения воды	84
3.4. Математические моделирования формирования “голова и тела” затора на участке русла реки Ала-Арча	86

3.4.1. Описание процессов формирования зажорного затора на водораспределительном сооружении в русле реки Ала-Арча 88

3.4.2. Математическая для потока зажорной воды на участке за соору-жением до водопада модель на основе уравнения Навье-Стокса 94

3.4.3. Математические расчеты и графики потери напора по трем начальным условиям потоки через пороги сооружения на участке реки Ала-Арча 116

3.5. Решение задачи отвода воды затороформирующими примесями по гидротехническому сооружению (ГТС) для предотвращения формирования заторов льда на реках 120

3.5.1. Расход зажорной воды по желобам ГТС и под угловыми ручейками талых вод из-под зажорных и ледяных покровов 126

3.7. Выводы по главе 129

Глава 4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВНЕДРЕНИЮ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ, ПРЕДОТВРАЩАЮЩЕГО ФОРМИРОВАНИЕ ЗАТОРОВ ЛЬДА НА РЕКЕ АЛА-АРЧА 132

4.1. Обзор о защитных гидротехнических сооружениях от зажоров

и заторов льда на реках и обоснования способов и защитного устройства	132
4.2. Модернизация водораспределительного сооружения на участке русла реки Ала-Арча, расположенного на ул. Скрябина	135
4.3. Разработка конструкции модернизированного гидротехничес- кого сооружения, предотвращающего формирования заторов зажорного льда	139
4.4. Выводы по главе	144
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	145
Список использованной литературы	146

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы диссертации. На территории Кыргызстана зимой и ранней весной возникают два опасных природных явления: заторы на реках и селевые потоки, которые приводят к одному, всем широко известному и очень опасному природному явлению – **наводнению**. В горной республике Кыргызстан наводнения возникают из-за селевых потоков ранней весной и, или в начале лета, и заторов на реках в середине зимы. Часто мелкие селевые потоки, появляющиеся неожиданно от краткосрочного обильного дождя, перекрывают автодороги одновременно в нескольких местах.

Второе опасное явление, проявляющееся в суровый зимний период в декабре и январе месяцах: после сильных снегопадов, происходит резкое потепление, присущее климату Кыргызстана, и на реках образуются зажоры и заторы льда. Яркие примеры этого явления имели место зимой 2012-2013, 2017-2018 годы, и повторились зимой 2022-2023 годы, но значительно слабее. Например, в декабре 2018 года в г. Бишкек на реке Ала-Арча, вследствие ледохода и шугахода образовались заторы и начался перелив. Создалась реальная угроза подтопления жилых домов прилегающих территорий, объектов инфраструктуры, некоторые улицы и дома в г. Бишкек были частично подтоплены. При этом службы МЧС столицы быстро среагировали и угроза была ликвидирована. Причем заторы образовались в наиболее труднодоступных для очистки ото льда местах: мостах и гидротехнических водораспределительных сооружениях, где невозможно было применить для работы специальную технику. На этих опасных участках аварийные работы приходилось вести вручную.

Заторы бывают не только на реках Ала-Арча и Аламедин, но и на других реках на территории КР. Но так как они протекают вдали от населенных пунктов или в горных ущельях, то не несут действенной

угрозы жителям нашей республики. Русла рек, проходящие через населенные пункты и города, имеют высокие берега и высотные дорожные мосты, на которых заторы не так страшны. Это и реки Ак-Бура (г.Ош), Нарын (г.Нарын). города, имеют высокие берега и высотные дорожные мосты, на которых заторы не так страшны. Это и реки Ак-Бура (г.Ош), Нарын (г.Нарын) и др.

На выбор темы научной работы повлияли неоднократно проходившие опасные природные явления и нанесенный ими большой ущерб. Поэтому появилась необходимость поиска способов и устройств защиты от селевых потоков и заторов на реках. Кроме этого, предполагаются общности этих двух природных явлений: причинами их появления являются Солнце и Вода, и общность исследования их методами моделирования общий ключ для познания законов их развития и способов защиты от них. Их исследования опираются на изучении процессов их возникновения, становления и развития, основанных на изучении их физико-механических, морфологических характеристик и свойств. Однако, способы защиты от них во многом отличаются друг от друга. Например, защита от селевых потоков связана с изменением направления движения его основных разрушительных масс, а защита от затора основана на способности пропускания ледового потока через заторо-формирующие препятствия – мосты, гидросооружения и другие элементы в русле реки.

Связь темы диссертации с приоритетными научными направлениями, крупными научными программами (проектами), основными научно-исследовательскими работами, проводимыми образовательными и научными учреждениями и с государственными и международными программами. Тема имеет прямую связь с вопросом об обеспечении национальной безопасности от стихийных бедствий, кризисов и катастроф государства, общества и граждан, в сотрудничестве с между научными институтами и

государственными органами по вопросам предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера при Межведомственной комиссии по Гражданской защите Кыргызской Республики. Тема также имеет связь с международными программами, в рамках Программы Первой Евразийской конференции «Инновации в минимизации природных и технологических рисков», состоявшейся 22 - 24 мая 2019 года в г. Баку, Азербайджан, где сделано два научных доклада, опубликованные в сборнике тезисов и в Программе Первой Евразийской конференции «Инновации в минимизации природных и технологических рисков».

Цель и задачи исследования. Цель исследования заключается в разработке способов и устройства защиты от селевых потоков и заторов льда на реках Кыргызстана. Для достижения поставленной цели сформулированы следующие **задачи исследования:**

1. Литературный обзор и анализ теоретических и экспериментальных методов исследований селевых потоков, заторов льда на реках;
2. Установить общности и различия в исследованиях процессов формирования от обильного дождя селевых потоков и заторов льда на реках;
3. Разработать методы поиска моделей защиты от селевых потоков и заторов льда на реках использованием физико-математических методов моделирования процессов, происходящих в исследуемых объектах, проведением патентно-поисковых работ, для разработки устройств по защите от названных явлений.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Предложен новый метод начального управления движением «языка» селевого потока с помощью ранее уложенных ограничителей отвода от защищаемого объекта по траектории пути следования

сформированной мутной субстанции, так называемой «языком» селевого потока.

2. Разработана математическая модель процесса формирования шуги и «головы и тела затора» на руслах реки.

3. Разработаны устройства, позволяющие защитить от формирования заторов льда на реках.

4. Разработана математическая модель физического процесса в гидротехническом сооружении для удаления завалов заторных поступлений с верхней зоны в русло реки.

5. Разработана методика и приведены экспериментальные исследования режимов течения потока струи воды в реке с целью визуального наблюдения воздействия на гравийные насыпи, уложенные по берегам канавки на дне реки, на разработанном и изготовленном экспериментальном макете ГТС.

6. Разработана модернизация водораспределительного сооружения и дна русла от первой ступеньки до водопада, на предмет обеспечения исключения формирования заторов льда на русле реки Ала-Арча на всегда.

Практическая значимость полученных результатов.

1. Предложенный научный материал по селевому потоку от обильного ливневого дождя являются ценной информацией об составе и структуре этого природного явления, с применением предложенного материала с устройством по полученным патентом (№ 2140, КЫРГЫЗПАТЕНТ, 2019 год) на изобретение, предназначенное для управления «языком» селевого потока от обильного ливневого дождя в начале его формирования, управления «ядром», чем и достигается управление бурными грязекаменными селевыми потоками, отводом от объекта защиты.

2. Для предотвращения формирования заторов на реках, предложен способ и устройство для отвода воды из-под льда с

обеспечением неподвижности всего объема ледяных накоплений на русло реки. На это получен патент на изобретение (ПАТЕНТ за № 2041, 2019 год).

3. Для ликвидации стихийно поступающих сверху по руслу реки обильных ледяных поступлений на сооружения, разработано устройство, позволяющее решить поставленную задачу, на что получено следующий патент на изобретение (ПАТЕНТ за № 2250, 2021 год).

4. Разработан, **изготовлен** экспериментальный макет «Гидротехнического сооружения» на основе проведения экспериментальных исследований с возможностью визуального наблюдения за режимом течения потока струи воды в реке, и их воздействия на насыпи, уложенные по берегам канавки на дне реки.

5. Модернизация водораспределительного сооружения на участке, где не будут формироваться в суровые зимние годы заторы льда из зажоров навсегда.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Математические модели формирования шаровидной шуги на реке и процесса формирования “головы и тела затора” за гидросооружением на участке русла реки Ала-Арча, приводящему закупорку порога сооружения.

2. Математическая модель в виде уравнения механической энергии потока воды и наносов, при транспортировании под действием силы их тяжести по желобу, уложенному в канале, вырытой по середине и ниже дна русла реки на проход, через гидросооружения и или под мостами.

Личный вклад соискателя заключается:

1. Математическое моделирование формирования шаровидной шуги на реке и исследование процесса формирования “головы и тела затора” на гидросооружении с разработкой их математической модели.

2. Разработка способа и устройства гидротехнического сооружения, предотвращающего формирования заторов льда на реках, с получением патента на изобретение № 2141 КЫРГЫЗПАТЕНТ, 2019 год.

3. Разработка математической модели усовершенствованного гидротехнического сооружения, предотвращающего заторов льда на реках, с возможностью отвода ледяных наносов, поступающих сверху русла реки, с получением патента на изобретение № 2250 КЫРГЫЗПАТЕНТ, 2021 год.

4. Разработка, изготовления экспериментального макета «Гидротехническое сооружение» с индикаторами наблюдения за режимом движения потока воды и проведения экспериментальных исследований на реке Ала-Арча, на предмет воздействия потока воды на насыпи из гравия.

5. Разработка и модернизация водораспределительного сооружения на участках реки, исключаящего закупорки зажором потока воды.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы опубликованы и докладывались: 1 – работа опубликована в журнале РИНЦ на XVI Международной научно-технической конференции, посвященной памяти академика РАН С.В. Яковлева (г. Москва, 15 марта 2021 г.); 2 - работы докладывались в рамках проходившей Первой Евразийской конференции «Инновации в минимизации природных и технологических рисков» с 22 по 24 мая 2019 года, в г. Баку, Азербайджан, здесь тезисы 2 докладов опубликованы в Сборнике тезисов и Программе, на английском языке; на Международной научной конференции «Актуальные проблемы и инновации в науке и образовании» посвящённой 70-летию известного ученого-педагога, доктора физико-математических наук, профессора, члена-корреспондента НАН КР Султаналиевой Р.М. (Бишкек, 2023 г.).

Полнота отражения результатов диссертации в публикации:

Результаты исследований и положения, отражающие основное содержание диссертационной работы, опубликованы в 12 печатных

работах, в том числе 3 работы в виде ПАТЕНТа КР на изобретение; 2 работы в Сборнике тезисов и Программе Первой Евразийской конференции «Инновации в минимизации природных и технологических рисков», 22-24 мая 2019, Баку, Азербайджан, на английском языке; 1 работа в журнале РИНЦ XVI Международной научно-технической конференции, посвящённой памяти академика РАН С.В. Яковлева, (г. Москва, 15 марта 2021г.); 1 работа в Известиях вузов Кыргызстана №6, 2021 г., 5 работы в ВЕСТНИК Кыргызско-Российского Славянского университета: 1 работа в №12 том 22; в том 23: в № 4 – 2 и в № 8 – 2 работы.

Работа в завершённом виде доложена и одобрена на расширенном заседании научно-технического семинара кафедр «Прикладная математика и информатика» и «Высшая математика» КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, 2023 г.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка использованной литературы, изложена на 143 страницах машинописного текста, содержит 3 таблицы, 14 графика, 45 рисунков, списка использованных источников состоит из 94 наименований.

Автор выражает искреннюю благодарность своему научному руководителю – доктору физико-математических наук, профессору *Кабоевой Гулнаре Джамалбековне* – за постановку задач исследования и постоянное внимание к работе. Благодарен всем коллегам за оказанные содействия и помощь.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА ЗАЩИТЫ ОТ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ И ЗАТОРОВ ЛЬДА НА РЕКАХ

1.1. Обзор литературы о состоянии реки Аламедин и Ала-Арча в черте г. Бишкек

Реки Ала-Арча и Аламедин, которые пересекают город Бишкек с юга на север, а образовавшиеся на них заторы приводят к поднятию уровня ледяных корок и зажорные массы с водой, затапливая прибрежные пешеходные дороги, создавая угрозы горожанам при передвижении по улицам города.

Эти реки имеют ледниково-снеговое питание. Ледниковый сток составляет 57-60%, водность рек зависит от объёма таяния ледников, максимальные расходы наблюдаются в июле-августе в период наиболее высоких температур. На величину расхода рек значительное влияние может оказывать выпадение осадков, особенно ливневого характера [2, 12].

Бассейны рек Аламедин, Ала-Арча характеризуются хорошо развитым оледенением, в верховьях их долин находятся мощные морено-ледниковые комплексы с большим количеством рыхлых отложений и наличием высокогорных озёр, что создаёт потенциальную опасность формирования селей и паводков при прорывах озер [2, 12].

В бассейне реки Аламедин находятся 6 высокогорных прорывоопасных озёр Чон-Курчак, Бешташ, Алтын-Тер, Ачык-Таш, Салык и селевой очаг Кутургансу на леднике Кутургансу, отнесённых к третьей категории опасности. Более опасным является бассейн реки Ала-Арча, где находится 16 высокогорных прорывоопасных озер, из которых к наиболее опасным отнесен селевой очаг Ак-Сай – первая категория, озера второй категории - Адыгене приледниковое (объемом 100 тыс.м³), группа озёр Адыгене и озеро Кашка-Суу; другие озёра менее опасны – это группа озёр Тез-Төр, озёра Топ-Карагай, Чон-Көль, Орто-Көль, Эски-Көль, Бийик-Көль, Жаны-Көль, Кумдуу-Көль, Тайыз-Көль, которые отнесены к третьей и четвертой категории опасности [2, 12]. Водопропускная способность русел этих рек зависит от уклона, ширины и высоты бортов, она значительно снижается, если на пути водотоков имеются искусственные препятствия в виде мостов, водораспределительных сооружений, искусственных конструкций.

Со временем на отдельных участках русел накапливаются наносы, в виде мусора и мелкообломочного материала, что также понижает их водопропускную способность. В результате русло на участках с пониженной водопропускной способностью не может вместить весь

речной поток (рисунок 1.1.1 и 1.1.2), особенно при паводках, и вода выходит за пределы русла, затопливая прибрежные участки. Количество таких участков зависит от причин формирования паводков [2, 12].



Рисунок 1.1.1 - Подпор летом Рисунок 1.1.2 - Затопление зимой
Водораспределительное сооружение на реке Ала-Арча (ул. Скрябина)

Причинами понижения пропускной способности могут быть водораспределительные шлюзы, которые уменьшают ширину русла, уменьшение сечения русла под мостами из-за наносов, уменьшение глубины русла из-за наносов и скопления мусора, малая пропускная способность водосброса под каналом БЧК.

Река Ала-Арча имеет снежно-ледовое питание. Её многолетний среднегодовой расход составляет $4,17 \text{ м}^3/\text{с}$ (1970-2015 гг.). Максимальный среднегодовой расход $5,09 \text{ м}^3/\text{с}$. В зимний период её среднемесячные расходы уменьшаются до $1,31-1,65 \text{ м}^3/\text{с}$ (по данным гидрометеорологической станции Байтик). При таких расходах и продолжительных (более 7 дней) периодах отрицательной температуры воздуха (минус $10-15^\circ\text{C}$) на реке образуются так называемые «водноледяные селевые потоки», угрожающие затоплением её прибрежных участков на территории города Бишкек [2, 12].

Основной причиной их формирования является образование на реке Ала-Арча мощных наледей (толщиной 0.7-1.5м), состоящих из тонких прослоев воды и льда. В результате русло и, в значительной мере, пойма реки заполняются водоледяными образованиями, объем которых, может достигать 40-50тыс. м³ (рисунок 1.1.3).



Рисунок 1.1.3 - Водно-ледяные образования в русле реки Ала-Арча, ниже железнодорожного моста



Рисунок 1.1.4 - Формирование наледи на реке начинается с образования ледяных перемычек между берегами

Формирование наледи на реке начинается с образования ледяных перемычек между берегами (рисунок 1.1.4). Этот процесс активизируют камни или другие предметы, выступающие над поверхностью потока. По мере нарастания толщины и ширины ледяных перемычек водопрopusкная способность русла уменьшается. Особенно быстро это происходит, если по потоку идёт шуга [2, 12].

Шуга – это скопление комков внутриводного льда диаметром до нескольких сантиметров, которые образуются в переохлаждённой воде речного потока (рисунок 1.1.5). Шуга может образоваться также при всплывании донного льда в периоды оттепелей, когда температура воздуха после нескольких морозных дней поднимается выше нуля [2, 12].

На участках ледяных перемычек с малой водопрopusкной способностью, движение шуги замедляется и даже останавливается, комки внутриводного льда слипаются и смерзаются, способствуя тем

самым разрастанию ледяных перемычек и превращению их в сплошной ледяной покров в русле реки. При этом водопропускная способность русла сильно уменьшается. В результате, поток почти останавливается, уровень воды поднимается выше гребня плотинной перемычки, вода выходит на поверхность льда и разливается по этой поверхности [2, 12].



Рисунок 1.1.5 - Скопление шуги в русле реки Ала-Арча перед шлюзами водораспределителя по ул. Скрябина

Путь, проходимый водой по поверхности льда до замерзания ее фронтальной части, зависит от толщины слоя воды и ее температуры, а также теплообмена между водой, льдом и атмосферой. Движение этого слоя воды сопровождается замерзанием льда на ледяной поверхности, по которой течет вода, и образованием тонкого ледяного покрова на поверхности воды. Остановка движения слоя воды, в результате замерзания его фронтальной зоны, приводит к дальнейшему увеличению уровня воды в реке и выходу ее на вновь образованный ледяной покров и т.д. При этом образуется «слоеный пирог», состоящий из тонких прослоев воды и льда. В результате русло и, в значительной мере, пойма реки заполняются водоледяными образованиями, которые крайне неустойчивы к воздействию внешних и внутренних сил. Если прочность одного из водоледяных образований окажется меньше разрушающих сил, происходит его разрушение. Образующийся при этом относительно небольшой водоледяной вал накатывается на нижерасположенное водоледяное образование и

разрушает его и т.д., при этом размеры вала лавинообразно увеличиваются [2, 12].

Ступенеобразная форма русла реки Ала-Арча (рисунок 1.1.6), крайне благоприятна для увеличения расхода водоледяных селей. Фронтальная часть селевого потока надвигается на практически горизонтальную поверхность очередной ступени и взламывает водноледяные образования на гребне ее порога (рисунок 1.1.7) [2, 12].



Рисунок 1.1.6 - Ступенеобразная форма русла реки Ала-Арча крайне благоприятна для «водоледяных селей» увеличения расхода



Рисунок 1.1.7 - Водно-ледовый поток взламывает водноледяные образования на гребне очередного порога

При взламывании ледяных заторов поток увеличивает на какое-то время свою глубину практически на высоту водоледяной ступени. Образующаяся при этом одиночная волна распространяется как вниз, так и вверх по течению реки. В результате такой «накачки» размеры селевого потока увеличиваются от ступени к ступени. При этом поток насыщается ледяными обломками разрушенных водноледяных образований. Ледяные перемычки ограничивают пропускную способность русла реки, через которое не может пройти вся масса воды и ледяных обломков. Поэтому создаётся ледяной затор, который на некоторое время препятствует и задерживает движение селевого потока. Но, по мере накопления воды и роста гидравлического

давления, ледовый затор прорывается. Тогда вниз по долине устремляется еще более мощный «водноледовый селевой поток», который встречает новое препятствие, в виде новой ледовой перемычки. Перед ней образуется новый ледовый затор, который по мере роста гидравлического давления снова прорывает. Так двигаясь вниз по долине поток, создает все новые заторы и прорывает их. Расход потока при этом увеличивается и достигает критического значения, в 15-20 м³/с, при котором энергия разрушения потока становится настолько большой, что прочности ледовых перемычек не хватает даже для кратковременной его задержки. Поток при своем движении сметает все препятствия на своем пути. После его прохождения русло реки и (частично) пойма очищается ото льда и снега [2, 12].

Для того чтобы определить особенности условий формирования «водноледовых селевых потоков» в долине реки Ала-Арча было проведено сравнение долин рек Ала-Арча и Аламедин, в пределах города Бишкек. В русле реки Аламедин почти не бывает «водноледовых селевых потоков». Поэтому результаты этого сравнения позволили определить факторы, способствующие формированию таких потоков по реке Ала-Арча.

1. Уклон продольного профиля долины реки Ала-Арча ниже улицы Ахунбаева не превышает 0,02. На этом же участке уклон русла реки Аламедин составляет 0,025-0,03 т.е. русло реки Ала-Арча, искусственно выполажено, вследствие устройства порогов для уменьшения скорости паводков. Следствием этого факта является то, что скорость потока реки Ала-Арча составляет 0,1-1,0 м/с, а скорость реки Аламедин 0,8-1,5м/с.

2. Расход реки Аламедин в зимние месяцы составляет 1,57-2,12 м³/с (по данным гидрометеостанции Чонкурчак), а реки Ала-Арча 1.31-1.65 м³/с (по данным метеостанции Байтик) [2, 12].

3. На реке Ала-Арча порогов для уменьшения скорости паводков устроено значительно больше, чем на реке Аламедин. Пороги гасят скорость потока, способствуют формированию ледовых заторов и перемычек, накоплению за этими перемычками воды (рисунок 1.1.8), которая участвует затем в образовании «водноледниковых селевых потоков» [2, 12].

Ледовые заторы образуются перед ледовыми перемычками, которые формируются на тех участках русла, водопропускная способность которых ограничена по двум причинам:

1) наличие препятствий в русле (автомосты и железнодорожный мост, различные бетонные конструкции в русле, шлюзы водораспределителей, водопроводные и газопроводные трубы);

2) уменьшение уклона русла (перед порогами ступеней, на поворотах русла), что обуславливает уменьшение скорости потока и более активное его обледенение.



Рисунок 1.1.8 - Пороги гасят скорость потока и способствуют накоплению воды

На основе анализа этих двух причин вдоль русла реки Ала-Арча на территории города Бишкек были выделены 11 опасных участков образования ледовых заторов. По характеру причин образования эти участки разделяются на три группы.

1. В первую группу вошли участки заторов, образование которых обусловлено гидросооружениями в русле, например, представленный

на рисунках 1.1.1 – подпор летом, и 1.1.2 – затор зимой, где шлюзовой водораспределитель на пересечении с улицей Скрябина, также водосброс под БЧК, как на рисунке 1.1.9. На выше указанных участках в суровые зимы всегда происходят заторы от наплыва раздробленных на ступеньках в русле реки покрова льда и зажорные корки, которые с потеплением атмосферы были подняты водой из-под льда на плаву по участкам, где дно русла реки Ала-Арча почти плоское [2, 12].

2. Причиной образования возможных участков затопления второй группы является выполаживание русла, которое обуславливает уменьшение скорости потока. Дополнительным препятствием на пути движения потока на этих участках являются опоры автостовов: на пересечении с улицей Саманчина (рисунок 1.1.10); на пересечении с улицей Московской (рисунок 1.1.2); на пересечении с улицей Токтогула (рисунок 1.1.11) на пересечении с улицей Рыскулова; в 0.1 км выше пересечения с улицей Жибек-Жолу (рисунок 1.1.12).



Рисунок 1.1.9 -Участок затопления выше водосброса под каналом БЧК



Рисунок 1.1.10 - Участок затопления на пересечении с улицей Саманчина

3. В третьей группе участков основной причиной затопления, также как во второй группе, является выполаживание русла. Но выполаживание дополняют препятствия в виде заносов русла мусором и аллювиальным материалом. Благодаря заносам русло еще больше выполаживается, а высота его бортов уменьшается: Такие условия складываются в 0.15 км выше пересечения с улицей Ахунбаева (рисунок 1.1.13), на пересечении с улицей Медерова, в 0,1 - 0,3 км выше железнодорожного моста (рисунок 1.1.14), 0.81км выше пересечения с каналом БЧК (рисунок 1.1.15) [2, 12].



Рисунок 1.1.11 - Участок затопления выше автомоста по улице Рыскулова



Рисунок 1.1.12 - Участок затопления в 0.1 км выше пересечения с улицей Жибек-Жолу

На основе наблюдений, проведенных по ледовым перемычкам и водноледовым селевым потокам реки Ала-Арча на территории города Бишкек, можно заключить, что ледовые перемычки образуются после формирования на реке Ала-Арча мощных (1-1.5м) наледей, появление которых обуславливают холодные периоды, продолжительностью 7-10 и более дней, с температурой воздуха 10-15°С ниже нуля. При этом большая часть стока реки Ала-Арча идет на формирование водноледяных образований в виде ледяного покрова вдоль русла реки, как представлены на рисунках 1.1.13-1.1.15 [2, 12].



Рисунок 1.1.13 - Участок затопления в 0.15 км выше пересечения с улицей Ахунбаева



Рисунок 1.1.14 - Участок затопления в 0,1- 0,3км выше железнодорожного моста



Рисунок 1.1.15 - Участок затопления в 0,8 км выше пересечения с каналом БЧК

Так если при входе на территорию города Бишкек (у села Заречного) 12.12.2014 г. расход реки Ала-Арча составлял $2,6 \text{ м}^3/\text{с}$, то у водосброса под БЧК он уменьшился до $0,3 \text{ м}^3/\text{с}$, т.е. в 8,7 меньше. Следовательно, более 89% речного стока уходит на формирование водноледяных образований [2].

Разрушение водноледяных образований, формирование шуги, ледовых заторов и водноледниковых селевых потоков происходит в

первые дни после начала зимней оттепели, особенно активно водноледовые процессы протекают, если оттепель сопровождается дождем. В 2016 году произошло формирование водноледниковых селевых потоков во второй и третьей декадах января» [2, Глава 10].

По выше изложенного в пункте 1.1 обзор о зимнем состояниях рек Аламедин и Ала-Арча из источников [2, 12], представленные как физические процессы на указанных реках, следует отметить глубокую степень изученности по существу, с натуральными представлениями о происходящих в зимнем сезоне года на реке Ала-Арча и Аламедин, протекающей по территории г. Бишкек, в рамках данной научной работы. В этих описаниях, изложенный термин «водноледяных образований», есть «рыхлый лёд», иначе как «зажор», состоящие из накопленной шуги.

1.2. Обзор исследований формирования селевых потоков

Литература, посвящённая исследованиям селевых потоков, включая природу селей, методы их изучения, география селевых явлений, состояние прогнозирования с последствиями и мер защиты от них, были опубликованы, главным образом, учёными географических наук, и этих работ достаточно много. Из числа известных литератур, фундаментальной является работа [3], в качестве учебного пособия “СЕЛЕВЕДЕНИЕ”, автор В.Ф. Перов (1930-2017 гг.). Автор, сначала сделав обзор более 350 печатных работ, из которых более 20 единиц на иностранных языках, в 2012 году опубликовал эту работу. В. Ф. Перов, являясь одним из ведущих учёных в период существования СССР, в своём труде разместил материалы о селевых потоках и разместив материалы по территории Кыргызстана, и давая оценку возникающим природным явлениям, отмечал и труды ученых Кыргызстана, в лице А. Т. Ильясова (1969). Самая ранняя работа о движении селя, причиной которому катастрофы в г. Ордубаде, написана М. П. Псаревым [4] (1885

г.); следующая диссертационная работа Н.Л. [Белого](#) [5] [«Моделирование внутригодового распределения дождевых селей в горных регионах мира»](#) (2005 г.). Но среди литературы, посвящённой учению о селевых потоках, работа [3] остаётся главной. По учебнику В.Ф. Перова обучаются студенты университетов стран ближнего и дальнего зарубежья, и студенты МГУ им. М.В. Ломоносова. Материалы о селевых потоках в данном учебнике и в других источниках информации послужили моделью при изучении с целью познания и использовались в данном научном исследовании. В учебнике [3] дано определение: «Селями или селевыми потоками называют стремительные русловые потоки, состоящие из смеси воды и обломков горных пород, внезапно возникающие в бассейнах небольших горных рек» [3, с.5]. Далее в учебнике отмечено, что «Главной особенностью этих потоков служит высокая насыщенность обломочным материалом, которая составляет от 10 до 75% [3] объёма движущейся массы. Для сравнения: содержание взвешенных частиц в горных реках редко превышает 1–2%. При таких высоких показателях насыщенности объёмный вес или плотность селевой смеси лежит в диапазоне 1100–2500 кг/м³» (с.5). Далее, исследованием явления селевого потока занимались ученые К.А. Михайлов [6], Г.И. Логинов [7], И.Б. Бийбосунов, А.И. Бийбосунов и др., Орозобекова А.К. [8], К.Ч. Кожогулов [9], А.Т. Ильясов [10] и другие.

Ливень - это сильный дождь выше определённого предела, с учётом его продолжительности [3, с.16]. Подавляющая часть селей образуется вследствие ливней или после продолжительных дождей.

В качестве математической модели по изученности селевого потока следует принимать следующие числовые и знаковые данные, как формулы:

1. Значения средней скорости селей, в большинстве случаев лежат в пределах 1-15м/с. Скорость селей, как и водных потоков, определяется двумя главными параметрами – уклоном русла и глубиной потока.

2. Кроме прямого метода измерения скорости водокаменного сели существует расчётная формула:

$$v = 4,5 \cdot h^{0,67} \cdot i^{0,17}, \quad (1.2.1)$$

где h – средняя глубина потока, м; i – продольный уклон русла на участке.

3. Для математической модели селевого потока максимальный расход $(Q_c)_{max}$ селя определяется по формуле:

$$(Q_c)_{max} = v_c \cdot S, \quad \text{м}^3/\text{с}, \quad (1.2.2)$$

где v_c - скорость сели, м/с; S - площадь живого сечения, м².

4. Главная особенность селевых потоков - их высокий показатель плотности селевой смеси, лежит в диапазоне 1100–2500 кг/м³ [3]. Высокая плотность селевой смеси служит одной из причин инерционности потока.

В главе 3 «Селевые явления территорий в странах СНГ» работы [3] на 202 странице изложены о селевых явлениях в Кыргызстане: “Киргизия – горная республика, занятая преимущественно хребтами Тянь-Шаня”.

Практически вся территория Кыргызской Республики является селеопасной – всего насчитывается 3103 селевых рек. Наибольшее их количество имеется в бассейнах р. Чу – 479, Талас – 254, Нарын – 789, Кара-Дарья – 666, озеро Иссык-Куль – 375.

Сель - это внезапный мощный водогрязекаменный поток, который несет большое количество наносов, состоящих из частей разрушенных горных пород. Селевые потоки отличает высокая скорость течения и насыщенность твердым материалом, что обеспечивает ему серьезную

разрушительную способность. Из обзора литературы видно [2, 3, 6, 7-12], что на возникновение селевых потоков прежде всего влияют гидрометеорологические условия в горной местности, которые способны создать большие объемы воды в течение короткого временного промежутка.

Из крупных селепроявлений прошлого отмечены события 1878 г. в бассейне оз. Иссык-Куль и 1913 г. в бассейне р. Талас. Систематическое изучение селевых явлений началось в 60-х годах XX в. Сводные данные о селях представлены в монографиях А. Т. Ильясова (1969) [10], а также в “Атласе Киргизской ССР (1987)” [11]. Отмечается далее: “В Киргизии выявлено 3103 селеопасных рек и саев”. Эта цифра приводится и в других источниках [3, 7]. Распространение и режим селей носят зональный характер. Известно, что на территории КР природные явления формируются в результате взаимодействия трёх главных факторов природы: солнечной радиации, атмосферной циркуляции [3] и снежным покрытием горных массивов с укрытыми ущельями, кокту-колотами и немногими равнинами, подстилающей поверхности.

В рамках данного раздела, об обзорах селевых потоках, нам следует здесь изложить вкратце и о собственных исследованиях по данному явлению.

В дождливые дни года нами специально проведены наблюдения за формированием облаков с балкона высотного многоквартирного дома г. Бишкек, с биноклем и без бинокля над заснеженными вершинами дальних южных горных хребтов. Были фиксированы, как при солнце на горизонте явно видно происходящее движение облаков, которые насыщаясь влагой, превращались из белого в тёмные грозовые тучи, которые разражались в обильным ливневым дождям. Даже бывали случаи, когда сдвинувшись облаками дошли ливневые дожди над городом, где бывали на дворах городских домов и на улицах настоящие

наводнения, переливаясь арычные системы по улицам текли селевые потоки. Были видны, как даже небольшие тёмные тучи, обильно изливаясь, могут способствовать образованию селевых потоков, на маленьком участке перекрывающих автомагистрали и наносящие значительный ущерб.

В результате наблюдений в натуре на месте под дождями ливневой, за процессами формирования грязекаменных смесей от ливневых дождей на склоне, с углом уклона до 10° , селевых потоков установлены наличие впереди селевого потока мутной субстанции, высотой не менее 3 см, которая является направляющим элементом его движения. Это мутной субстанции, видом сверху, в форме как языка, нами назван «язык» – голова суспензии, находясь под селевым потоком, наверняка становится также хорошим смазывающим элементом между почвой и нижним слоем селевого потока. За этим мутным и густо-вязким слоем водяной суспензии следуют бурные грязекаменные селевые потоки – его “ядро”. Так начинается процесс формирования и движения селевого потока. В начале процесса формирования селевого потока мутный и густо-вязкий слой водяной суспензии играет большую роль. Особенно хорошо наблюдается наличие впереди селевого потока мутного и густо-вязкого слоя водяной суспензии после выпадения большого количества дождевых осадков в предгорной зоне с уклоном, многолетним травяным покрытием плотной почвы земли.

На основе проведенных нами опытов установлено, что если изменить направление движения мутной вязкой водяной суспензии впереди движущихся селевых масс (языка), то в том же направлении начинает двигаться сам селевой поток. Например, с помощью простой толстой веревки, натянутой по земле под углом к движущейся к палатке селевой массы, удалось отвести главный селевой поток в сторону и избежать разрушения жилья. В результате ряде опытов для защиты

объектов от разрушения селевым потоком нами предложен простой способ управления селевым потоком, имеющим в составе впереди главного потока направляющий и смазывающий элемент в виде мутного и густо-вязкого слоя водяной суспензии. Следовательно, защита объектов от разрушения селевым потоком в горной селеопасной местности может быть достигнута путем управления движением “языка”, начиная с самого начала процесса формирования селевого потока, в начале удастся управлять движением “языка” с помощью подручной доски или натянутого каната, если заранее уложены или натянуты, то управляется и “ядро”. Таким образом, защиту объектов от селевых потоков в горной селеопасной местности можно осуществлять путём управления “языком” – густо-вязким слоем водяной суспензии впереди селевого потока, как масса «языка», начиная с самого начала процесса формирования движения. Эта масса ведёт за собой «ядро» потока.

На основании проведённых опытов, обзора и анализам селевого потока от краткосрочного обильного ливневого дождя и методов борьбы с ними, предложено техническое решение на «Устройство для защиты от селевых потоков», включающее селезащитные сооружения, позволяющее достигнуть цель, путём управления «языком» - густо-вязким слоем водяной суспензии впереди селевого потока, начиная с самого начала процесса формирования и движения селевого потока, с помощью заранее построенных направляющих стенок, под острым углом по отношению к направлению движущегося селевого потока. В результате проведенных опытов на уклоной местности с потоком густо-вязким слоем водяной суспензии были получены результаты, что оказывается, куда направляется «язык» селевого потока – водяная суспензия, туда и пойдёт «ядро» и «голова» потока. Такой вид движения характерен для селевого потока от краткосрочного ливневого дождя из темной тучи над горными районами, конечно, не большим

расходом. Главное заранее достичь управления «языком» селевого потока, путём предварительной установки ограждения на пути направления к объекту защиты, тогда достигается управление основным потоком, и что этот труд КЫРГЫЗПАТЕНТ признал изобретением и выдал ПАТЕНТ в 2019 году, за № 2140, на тему «Устройство для защиты от селевых потоков» [11]. Необходимо отметить, что, если данный ручей селевого потока не будут объединены до объекта защиты другими, более мощными и разрушительными селевыми потоками. Но, после селевого потока по местам, где были и прошли селевые потоки, легко обнаружатся материалы «языка» селевого потока в виде однородно вязкого глина.

1.3. Обзор формирования заторы льда на реках и защиты от них

Изучением этого природного явления – заторов льда на реках главным образом занимались специалисты МЧС КР [12] и ученые России: В.П. Берденников [13-16]; **В. А. Бузин** [17]; Р. В. Донченко [18-19]; В. А. Рымша [20; 21]; В. А. Рымша, Р. В. Донченко [20; 21]; Проскуряков, В.П. Берденников [22-24]; А. Н. Чижов [25-28] и многие другие. Особым вниманием изучили источник, под названием: “МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО БОРЬБЕ С ЗАТОРАМИ И ЗАЖОРАМИ ЛЬДА” [29], где собраны солидные научные материалы труда большего коллектива ученых по всего СССР. Книга В. А. Бузина [17], изданная в 2016 году, под названием “ЗАЖОРЫ И ЗАТОРЫ НА РЕКАХ РОССИИ”, где по существу дополняет достижения коллективного труда [29] и содержит ряд новых научных данных о зажорах из шуги. В этой работе содержатся математические модели, которые поясняют формирование шуги, из которой состоят зажоры. Отмечается, что образование шуги в русле реки является причиной серьезных ледовых затруднений. В российских глубоководных реках

вопрос защиты от заторов льда решается с отводом ледохода и шугохода только по верху воды через затороопасных участках реки. Там в холодную осень помимо интенсивной теплоотдачи с водной поверхности имеет место небольшая скорость течения, поэтому замерзание происходит без зажоров, в основном за счёт поверхностного льда. В условиях относительно тёплой осени наоборот складываются благоприятные условия для образования зажоров, так как выпадающие, как правило, обильные жидкие осадки и снеготаяние в период оттепелей приводят к увеличению скорости течения воды.

Рассмотрим простейший случай водопропускной и ледопропускной способностях прямолинейного и однорукавного русла, где они описываются в виде расхода воды и льда соответственно, следующими математическими выражениями:

$$Q_v = v_{cp} \cdot S \quad \text{и} \quad Q_l = \kappa \cdot v_{нов.ср} \cdot B \cdot h_l, \quad (1.3.1)$$

где Q_v – водопропускная способность русла; Q_l – ледопропускная способность русла; B – ширина русла; v_{cp} – средняя скорость водяного потока в русле реки; $v_{нов.ср}$ – средняя по ширине русла поверхностная скорость потока; h_l – толщина льда; κ – коэффициент, зависящий от формы русла, для прямоугольной $\kappa = 0,9$, для других $\kappa = 0,8$. Далее поясняется, что в указанном простейшем случае беззаторный пропуск некоторого постоянного расхода льда теоретически возможен при условии, что

$$Q_l = \kappa \cdot v_{нов.ср} \cdot B \cdot h_l = const \quad (1.3.2)$$

по всей длине рассматриваемого участка русла реки.

Отличительной особенностью процесса замерзания шугоносных рек является образование по всей толще воды, по мере ее охлаждения, внутриводного льда – непрозрачной губчатой ледяной массы, состоящей из хаотически сросшихся кристаллов льда. Необходимым условием образования внутриводного льда является переохлаждение

воды, т.е. переход температуры воды θ_6 через 0°C ($\theta_6 < 0^\circ\text{C}$), и наличие в воде ядер кристаллизации в виде кристаллов льда, взвешенных минеральных частиц и т. д. Внутриводный лёд может формироваться и в виде донного льда [17, с. 11].

Результаты анализа и обобщений данных этих исследований показали, что переохлаждение воды (от $-0,01^\circ\text{C}$ и больше) может быть при относительно малом перемешивании воды и больших потерях тепла с верхней поверхности водного потока ($S > 200 \text{ Вт/м}^2$). На равнинных реках переохлаждение воды небольшое ($-0,02 \dots -0,03^\circ\text{C}$). На горных же реках из-за малой водности при интенсивной теплоотдаче в атмосферу температура воды превышает указанные значения и нередко достигает значений $-0,05 \dots -0,08^\circ\text{C}$ [17, с. 11].

Скопления внутриводного льда в виде комьев на поверхности или в толще речной поток образуют шугу. Шугоход – движение шуги по реке. Вместе с шугой по реке может транспортироваться битый лёд от берегов и снежура – выпавший в воду снег [17, с.13].

Процесс замерзания реки завершается ледоставом – образованием сплошного ледяного покрова, способного оказать сопротивление воздействию подлёдного потока. Некоторые участки реки могут в течение долгого времени, иногда в течение всей зимы, не замерзать. Незамерзающие участки реки – полыньи могут быть как термического, так и динамического происхождения [17, с.14]. Такова природа процесса образования ледяного покрова на глубоководных реках России. Подходящая к преграде масса плывущего льда в виде разрозненных ледяных образований останавливается, формируя перед кромкой ледового поля однослойные скопления, обладающие разной степенью устойчивости в зависимости от гидравлических условий. При столкновении с преградой ледяные образования могут затягиваться под неё. Устойчивые скопления, промерзая, образуют неподвижный ледяной покров. Если скопления неустойчивы, то через череду

подвижек, переформируясь, они приходят к устойчивому состоянию и образуют ледяной покров. При этом часть ледового материала, скопившегося перед кромкой льда, может заноситься под лёд, формируя его толщину ниже по течению. С момента образования ледяной перемычки кромка ледяного покрова перемещается вверх по реке. В первом приближении ледяной покров, способный оказать сопротивление воздействию потока, образуется при достижении льдом плотности $\rho_{\text{л}} \geq 0,85 \text{ г/см}^3$ и прочности $\sigma_{\text{л}} \geq 0,37 \text{ МПа}$ [17, с.14]. Чтобы имел место режим наступления кромки ледяного покрова, необходимо соблюдение условия гидродинамической устойчивости льдин и шуговых ковров в створе кромки льда. Данное условие выполняется, когда скорость потока у кромки льда ниже некоторой критической скорости $v_{\text{кр}}$, которой определяется момент заноса ледяных образований на водной поверхности под кромку льда. При формировании теоретических критериев устойчивости ледяных скоплений обычно совместно решаются задача механической устойчивости и задача «процесса смерзания». Условия устойчивости определяются путём решения осреднённых по поперечному сечению ледяного скопления уравнений равновесия не сплошной среды с принятием различных модельных предположений о механических свойствах ледяного материала. На основе такого подхода для случая интенсивного шугообразования В. П. Берденниковым [13-16] была установлена зависимость для расчета начальной толщины шуголедяного покрова

$$t_{\text{л}} = \frac{0,5\rho \cdot I \cdot h}{\tau + \eta \frac{dv}{dL}}, \quad (1.3.3)$$

где τ – начальное скалывающее напряжение шугового слоя; η – коэффициент вязкости шуги; I – уклон водной поверхности в период ледостава; h – средняя глубина за вычетом толщины шугового слоя; dL

- расстояние от осевой линии потока до выделенного элемента слоя [17, с.15].

Дальнейшие исследования предельно-напряженного состояния ледяной перемычки, образованной остановившимся шуговым ковром, выполненные Р. В. Донченко [18-19] с использованием экспериментальных данных, позволили переписать зависимость (1.3.3) следующим образом (полагая, что при остановке шуги $v=0$):

$$t_n = 1,77v^2 \frac{B}{C^2}, \quad (1.3.4)$$

где C – коэффициент Шези. При наличии заберегов в зависимости (1-б) вместо B следует использовать ширину водного потока между заберегами.

В работе [17] учитывается также температура воздуха θ в момент ледостава

$$t_n = \frac{v_n^2 + 0,2}{-0,5\theta}, \quad (1.3.5)$$

где v_n – поверхностная скорость течения при открытом русле [17, с.16].

Зажоры формируются у кромки ледяного покрова в процессе перемещения ее вверх по течению. Увеличение мощности скоплений льда происходит в результате заноса шуги под кромку ледяного покрова и подвижек льда у кромки. Условие устойчивости шуговых ковров перед преградой определяется значением числа Фруда, которое характеризует соотношение между силой инерции $F_{ин.} = m \cdot a$ и внешней силой (сила тяжести) $G = m \cdot g$, в поле которой происходит движение, действующими на элементарный объём жидкости

$$F_r = \frac{F_{ин.}}{G} = \frac{m \cdot a}{m \cdot g} = \frac{v}{t \cdot g} = \frac{v}{\frac{h}{v} \cdot g} = \frac{v^2}{gh}, \quad (1.3.6)$$

где v и h - скорость и глубина потока, g – ускорение свободного падения

[17, с.17]. Шуга заносится под кромку при числе Фруда больше критического [77], определяемого по формуле

$$Fr_{кр} = 0,023(1 - \varepsilon) \quad (1.3.7)$$

где ε – пористость шуговых ковров, которая изменяется в зависимости от температуры воздуха (табл. 1.3.1).

Таблица 1.3.1

Координаты зависимости $\varepsilon = f(\theta)$ [17, с.17, табл.1.3.1]

$\theta, ^\circ\text{C}$	-2	-4	-6	-8	-10
ε	0,55	0,41	0,32	0,28	0,25

С понижением температуры воздуха она уменьшается, т.к. шуга промерзает, образуя льдины, которые вовлекаются под кромку при числе Фруда

$$Fr_r \geq 0,035 \frac{l}{h}, \quad (1.3.8)$$

где l – длина льдины (м) [17, с.18].

Таким образом, кромка льда непрерывно перемещается вверх по течению на участках реки с уклонами

$$I \leq gC^2 Fr_{кр} \quad (1.3.9)$$

(C – коэффициент Шези) [17, с.18].

Скорость перемещения кромки ледяного покрова

$$v_{кр} = \frac{G_l}{\gamma_l t_l B}, \quad (1.3.10)$$

где γ_l и t_l – удельный вес и толщина слоя шуги, G_l – расход шуги [17, с.18].

Теперь рассмотрим гидрометеорологические условия образования зажоров [17, с.20]. В [17] изложено: Факторы, оказывающие влияние на процессы формирования зажоров льда, можно разделить на

постоянные морфометрические и, изменяющиеся от года к году, гидрометеорологические.

Мощность зажоров в том или ином году на конкретном участке реки зависит от двух групп гидрометеорологических факторов [17, с.20]:

а) тепловых факторов, которые определяют интенсивность образования льда и его смерзаемость;

б) механических факторов, под действием которых происходит транспортирование льда вниз по реке, его торошение и подсовы у кромки ледяного покрова. Для образования зажоров нужен ледяной материал - шуга, которая, с одной стороны, должна интенсивно образовываться, а, с другой стороны, не должна смерзаться. Поэтому существует определенный диапазон температур воздуха, при котором формируются зажоры ($-2 \dots -10$ °С). Наиболее благоприятная для зажорообразования скорость течения воды 0,5- 1,6 м/с. При скорости течения меньше 0,5 м/с реки замерзает без зажоров путем смыкания быстро расширяющихся заберегов. При очень большой скорости течения зажоров также не бывает, так как внутриводный лед не может всплыть и сформировать скопления шуги [17, с. 20].

По граничных условиях процесса образования зажора на реках России, в труде В.А. Бузина представлен график, рисунок 1.3.1, [17, с. 21, рис. 1.1], иллюстрирующий изменение соотношения между скоростью течения воды и температурой воздуха в период замерзания реки. Приведённые на этом графике параметры для рек Кыргызстана по температуре воздуха и скоростью потока почти совпадают, что граничные условия подходят для рек Ала-Арча.

В российских глубоководных реках вопрос защиты от заторов льда решается с отводом ледохода и шугохода только по верху воды. Там в холодную осень помимо интенсивной теплоотдачи с водной поверхности имеет место небольшая скорость течения, поэтому

замерзание происходит без зажоров, в основном за счёт поверхностного льда. В относительно тёплую осень наоборот складываются благоприятные условия для образования зажоров, так как выпадающие, как правило, обильные жидкие осадки и снеготаяние в период оттепелей приводят к увеличению скорости течения воды. При небольшой интенсивности теплоотдачи на российских глубоководных реках с водной поверхности формируется в основном внутриводный лёд, вместе с тем период замерзания затягивается, что способствует скоплению у кромки большого объёма внутриводного льда, т.е. образованию зажора.

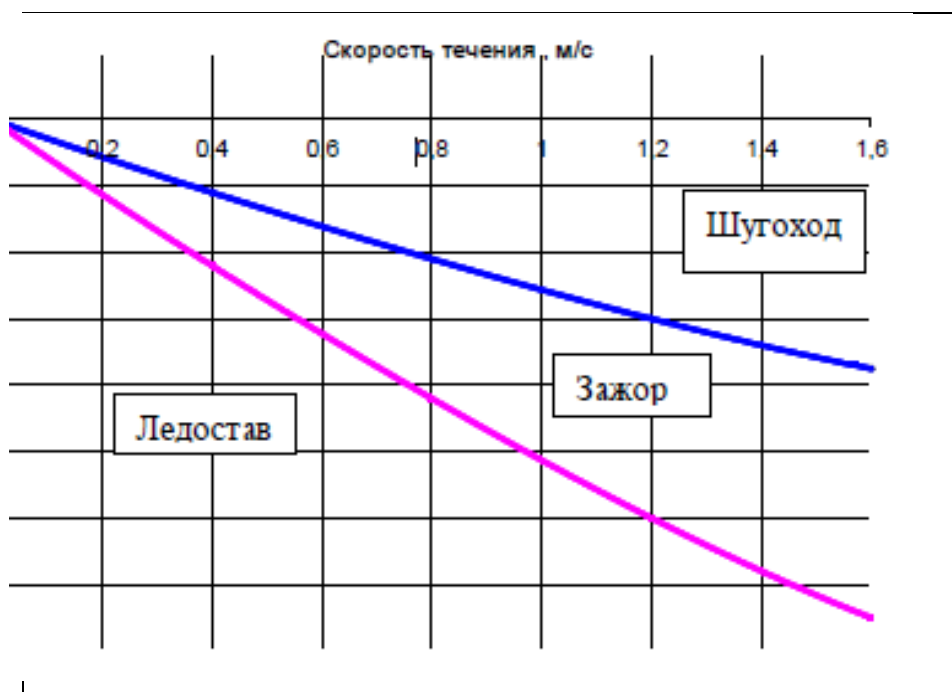


Рисунок 1.3.1. Иллюстрация соотношений температуры воздуха и скорости течения воды в период замерзания реки [17, с. 21, рис. 1.1]

Характер развития ледовых процессов в реках России обусловлен сочетанием условий теплообмена и перемешивания водных масс, движения и накопления льда в русле. За счёт этого процесса формируются шуги.

Перечисленные величины находятся в тесной зависимости от теплообмена между воздухом, льдом и водой. Поскольку в начале зимы основной составляющей теплообмен величиной является

турбулентный обмен с атмосферой и эффективное излучение, то показатели физико-механических свойств несплошного ледяного покрова при замерзании реки зависят в основном от температуры воздуха. Гидродинамические предпосылки, в свою очередь, определяют размеры и плотность ледяных образований. При низких температурах воздуха (ниже минус 5 °С), небольших расходах воды и малой скорости течения образуются льдины больших размеров. Если мороз слабый (от 0 до минус 5 °С), а скорость течения превышает 0,7 м/с, то образуется много внутриводного льда, шуги и льдин небольших размеров, которые медленно смерзаются, что благоприятствует подвижкам. Наиболее тесно с температурой воздуха связан коэффициент трения f , который резко увеличивается с понижением температуры воздуха. Поэтому при сильных морозах кромка льда продвигается вверх по реке быстро, без зажоров, даже если расход воды и влекущее усилие водного потока большие [17, с. 21, рис. 1.1]. На реке Ала-Арча формирование затора льда в основном происходит за счет зазора из шуги, тогда как заторы на российских глубоководных реках формируются перед весной, от раздробленного льда, за счёт ледохода при их задержке в русле реки, и при наличии препятствий в пути.

Обзорная работа по научному исследованию формирования заторов льда и зазора на реках и защиты от них, с патентно-поисковыми работами проводились достаточно глубоко, по трудам [13-29; 33-38; 48-82], включая ученых времен СССР и включая уже работы российских ученых до настоящего время, и содержат ряд новые научные исследования, которые нами найдя их из интернета, изучив нами находили ценные материалы и находили применения в написании второй и третьей главы настоящей работы. В среди них находили ряд научные диссертационные работы выполненные с применением математического моделирования (ММ), например работа [81]. Однако тут рассматривались (ММ) заторообдазования из разрушенного льда на

глубоководной реке России, что разный физический процесс, как шугоход.

Научно-литературный обзор дал одно обстоятельного понимания о том, что тут все работы рассматривались для российских глубоко водных рек, где вскрываются покрова льда, прорывая различными методами, не приемлемыми для наших рек, затем следят за движением шуга и ледоходом, обладающими потенциальной энергией, переходившему в кинетическую. Тогда, как для реки Ала-Арча в суровые зимы заторы ликвидируются техникой удалением материалы затора с пути потока и ручными выскритием потока воды под зазором. Натурным исследованием реки Ала-Арча и Аламедина в черте г. Бишкек, установлены, что заторы льда на реке Аламедин не обнаружены, а в главном заторы из зазора имеет место на реке Ала-Арча. Причины отсутствия заторы льда на реке Аламедин, это, там русла реки глубокие, дно узкие и вогнутые. Однако основополагающими научными литературами из множества просмотренных и изученных, благодаря наличием доступ круглосуточно интернета.

1.4. Выводы по главе

Во первой главе диссертационной работы изложены литературные обзоры по явлениям селевого потока от обильного ливневого дождя и заторов льда на реках. Обзоре литературы, состоит из: обзор состояния исследований формирования селевого потока и заторов льда на реках Кыргызстана; обзор исследований формирования селевого потока; заторов льда на реках, начиная с обзор и анализ о реки Аламедин и Ала-Арча, которые изложены по источникам [2, 12], здесь следует отметить, о том, что там часто повторяющиеся внесённые составителями два слова: «водноледяных образований», являются как рыхлый лёд, названное иначе в основных источниках, как «зажоры», продолжались

обзором больших научных трудов и заканчивается выводом по главе, с общим изложением на 27 страницах.

Так, как тема диссертации посвящены двум явлениям, с одинаковыми видами опасностями для населения и приводят к сходным последствиям разрушению, затоплению и наводнению. Они имеют общности в причинах только их возникновения, которыми являются Солнце и Вода. При глубоком морфологическом анализе установлены, что они физически кардинально отличаются. Например, плотность льда $\rho_{\text{л}} = 0,815 - 0,919,4 \text{ кг} / \text{м}^3$, при морозе на атмосфере, -15°C , в общем случае плотность ледяной заторной массы $\rho_{\text{л}} < 1$, поэтому в воде они перемещаются на плаву, а плотность материалы селевого потока $\rho_{\text{сп}} > 1$, или плотность селевой смеси лежит в диапазоне $\rho_{\text{сп}} = 1100 - 2500 \text{ кг} / \text{м}^3$ и перемещаются по поверхности грунта или по дне реки. Поэтому у этих двух явлений динамика и характеры движения, как разные материальные двух фазные сплошные среда кардинально разные. И эти два явления исследовались в отдельности, и в литературном обзоре, где находили отдельные, не связанные между собою научные информации. Проведен литературный обзор селевого потока и находили много ценные информации. В рамках данного раздела были исследованы структуры селевого потока от обильного ливневого дождя, в результате которого предложен метод с устройством защиты объектов на сельской местности, путем заранее установкой защитные сооружения на пути движения “языка” селевого потока, за которыми следуют “ядро” потока, этим обеспечивается отвод главного направления селевого потока от объекта защиты. С учетом глубины изученность селевого потока и в результате исследований структуры селевого потока и получением ПАТЕНТ на изобретений [11], считать исчерпаной изучения нами в рамках данной работы эту явление и приостановили от дальнейшего исследования, продолжив исследований заторы льда на реках. При этом, принимая во

внимания работа с затором льда на реке Ала-Арча доступна для натурального исследования.

Детальное изучение одного из первых источников, изложенный из совокупности научных исследований по затором и зажором на реках (в главным образом российских рек) до 1970 года, которой является коллективный труд [29], где охвачен труды ученых всего Союза Советской Социалистической Республики (СССР). В этом методологическом труде уже изложены определение основных терминов, даны определение заторов и зажоров на реках, процесс формирования и места образования заторов льда, факторы образования, классификация и пути борьбы заторами. Труд В.А. Бузина [17], изданная в 2016 году, по существу дополняет достижения коллективного труда [29] и охватывает труды всего [14-17; 19-38; 48-82], включая уже российских ученых и содержат ряд для нас новые научные исследования о зажорах из шуги, найдя их из интернета находили в написани второй и третьи главы настоящей работы. Установлены, что все материалы работ были посвящены крупным российским рекам, где защиты от заторов реки решаются путём, сперва выполнив разрушения покрытия льда и зажорного покрова, затем их отводят по реки, в виде ледоход и шуга ход.

ГЛАВА 2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАТОРОВ ЛЬДА НА РЕКАХ КЫРГЫЗСТАНА

2.1. Объект исследования формирования заторов льда на реках

Объектом исследования являются такие явления природы, как в русле реки в формированиях заторы льда, зимой при низкой температуре воздуха, накоплением зажора из материала шуги, в шаровидной форме, приводящих к зажорной закупорке потока воды на порогах водораспределительного сооружения, под мостом автомагистралей и других затороопасных участках реки Кыргызстана.

Изучения этого явления опирались на научные материалы по литературным обзорам по теме исследований – зажоры и заторы льда на реках, однако, обзоры были в основном глубоководным рекам России. Вся протяженность самой реки Ала-Арча, послужила как полигон, позволила проводить натурные экспериментальные исследования, которые сопровождались наблюдениями и измерением скорости и расхода потока воды, изучением режимов движений речных вод реки Ала-Арча.



Рисунок 2.1.1 – Вид на заторы в русле реки Ала-Арча, сформированные из зажорных накоплений за сооружением, в холодный ночь с 12 на 13 январь 2023 г.

Эксперименты были проведены с применением экспериментального гидротехнического сооружения. По существу, материалы, изложенные в первой главе, в п.1.1, с рисунками с 1.1.1 по 1.1.15 могут послужить основой для натурального представления о прошедшем суровым морозом зимнем сезоне года, в рамках данной научной работе. Все выше изложенные материалы представляют собою методы исследования объекта на определённом уровне для углублённого изучения процесса формирования заторов льда на реках.



Рисунок 2.1.2 - Вид на зазор за мостом автомагистрали, на пересечении река Ала-Арча и ул. Льва Толстого, зимой после 28 января 2018 года. Снимок автора снят с северной стороны моста. Вода с крайнего правого пролета моста пробила себе туннель и затор был прекрещен

Необходимо отметить, что приложенные рисунки эпизодов об объекте исследований по данной работе в достаточном количестве, ибо наглядные рисунки помогают проводить визуальный анализ и познать сущность явлений при изучении, с оценкой его состояний и в определения предметы его исследования. Затопы льда на реке Ала-Арча, как на рисунке 2.1.1 образовались в холодную ночь в 12 до утра 13 января 2023 года, при температуре воздуха фактически ниже -19°C .

На рисунке 2.1.2 представлен другой затор льда из зазора, образовавшийся после крепкого мороза в воздухе в 28 января 2018 года, на мосту автомагистрали по ул. Льва Толстого, через реку Ала-Арча. Здесь зазорные массы, после мороза от 28 января 2018 года, при дневной теплой температуре воздуха около $+8^{\circ}\text{C}$, под действием солнечной радиации, проходя под пролетами моста, наращиваясь от поступления сверху под давлением в под мост массы зазоры, которые поднимаясь

вверх под надтиском снизу зажорной массы, переместившись с обратной стороны пролета моста, перемещаясь вверх к пролету моста, являясь как “голова зажора”, набираясь в объеме, скопившись в кучу, упираются к сооружению моста. Когда поток воды под зазором пробила себе “туннель» через правый крайний пролет моста, тогда процесс наращивания “голова затора” прекратилась.

Теперь обратим внимание на вид объекта исследования на рисунке 2.1.1, где затор льда из материала зажора, визуальны видны за конструкцией водораспределительного сооружения, где материалы из “тела” затора вывозятся погрузкой на автотранспорт, освобождая путь для отвода воды из бассейна, т.е. из зоны накопления воды под зажорного накопления. Здесь также следует обратить внимание на верхний уровень поверхности зажорного накопления на (рисунок 2.1.1). На этом рисунке видно состояние объекта, когда был снижен верхний поверхностный уровень затора в бассейне, т.е. после удаления части “тела” затора техникой. Время съемки раннее утро 9 января 2023 года, был когда открыт путь ухода воды из бассейна через проделанны ковшами техники канавку по “телами” зажорному по правому берегу русла реки после водораспределительного сооружения на улице Скрябина и по ул. Малдыбаева. В результате проведения этих работ воды из под зажорные покрова уже истекли в водопад, и уровень поверхности зажорного покрова опустился вниз, и прекратился затоп тратуаров зажорной водой, переливающиеся через берега реки с раннего утра, до появления техники на объекте. Так как за ночь, после закупорки всех 8 порогов сооружения воды с зажорами переливались через береговые ж/б стенки вдоль русла реки, начиная с верхнего пешеходного моста. Также необходимо отметить, что ночью и с раннего утра 13 января 2023 года, до появления техники уже были переливы через сооружения и по верху “тела” затора. Это подтверждают обнаруженные затопленные территории озеленения с арычными системами и

затопленные тратуары на правом берегу русла реки. Эти потоки подходили к зданиям прилегающих научных институтов “Машиноведения” и “Геомеханики и освоения недр” НАН КР. Далее на рисунках 2.1.3 и 2.1.4 – представлены объекты исследования на русле реки. На рисунке 2.1.1 формированные зажорные заторы ликвидируются техникой и людьми.



Рисунок 2.1.3 - Ликвидация «тела» и «головы» зажорного затора за сооружением. снимка 13 января 2023 года



Рисунок 2.1.4 - Вид на отвод воды из-под зажорного покрова на участке до сооружения. снимка 13 января 2023 года

Как видно на рисунке 2.1.3, на участке за сооружением проходит процесс ликвидации «головы» и «тела» затора, частичный вывоз зажоров на большегрузных грузовиках. На рисунке 2.1.4 видны результаты ручного труда многих работающих людей. Ими были пробиты ручья по зажорным покровам, чтобы обеспечить текучесть зажорные воды в бассейне, где видны как накопились покрова из зазора с притоком сверху по руслу реки Ала-Арча, где до ликвидации «головы» и «тела» затора за сооружением. Здесь был сформирован бассейн без ручья отводящей воды через сооружения. Как видны на рисунке 2.1.4, только через вскрытого одного порога водораспределительного сооружения отводится воды. Конструкция этого водораспределительного сооружения по оценкам специалистов

МЧС КР считались препятствием первой группы [2, 12]. Здесь, каждый 5 лет в крепкие морозные зимы часто образовывались заторы на порогах сооружения, о чем изложены выше в п.1.1. Из выше изложенного стало ясно, что предметом исследования является процесс формирования заторов льда на реках. Приведенные выше рисунки являются наглядно качественным инструментом для определения физико-механических свойств объекта исследования. Поэтому представленные и качественно выполненные рисунки (фотографии) способствуют изложению методов разработки и анализа математических моделей, решению задачи с анализом их предмета исследования, с разработкой способов и устройств защиты от заторов льда. Таким образом, **предметом исследования** являются процессы формирования заторов льда на реках их *физико-механические свойства*. Здесь рассматриваются задачи разработки математической модели природного явления формирования сперво шаровидной шуги в русле реки и затем «голова» и «тела» затора, состоящие из зажора, а также разработка методы и средства защиту от последствия заторов льда на участках реки Ала-Арча, с гидротехническим сооружением и мостами автомагистралей по г. Бишкек (рис. 2.1.1-2.1.4). Предметом исследования формирования заторов льда на реках, также являются режимы течения потока воды на реках, в нашем случае турбулентность и определённый отрицательный диапазон температур воздуха, и наличие снегопада при холодной температуре воздуха, при котором формируются шуги в воде, из которого состоят зажоры. Наличие зажора является материалами «головы» затора, сформированные из зажора, с переростом в «тела» затора на участке за пределом водораспределительного сооружения в русле реки Ала-Арча до водопада. Зажоры, увеличивались в объеме, закупоривают пороги сооружения, формируя заторы льда на реке Ала-Арча. Методы и устройства, предотвращающие их формирования в русло реки Ала-

Арча, не были подробно изучаны до появления ПАТЕНТов КР за номерами № 2141 в 2019 год и № 2250 в 2021 год. Каждый раз, когда формируются зимой заторы льда на реках здесь проводились мероприятия по ликвидации “головы” и “тела” затора, путем очистки, с частичным вывозом из зоны затора. Здесь определены предметы исследования формирования заторов льда на реках.

2.2. Физико-механические свойства зажорных закупорок на реках

Методы исследования объекта построены на материалах из выше изученного множества обзорных литератур, на обзорах и анализах объектов исследований, изложенных в первой главе, на п. 1.1, рисунками 1.1.1 – 1.1.15 и выше изложенном материале на п. 2.1, с рисунками 2.1.1 - 2.1.4. Далее, методы исследования объектов сопровождались натуральными наблюдениями объектов по месту событий с анализом геометрических и физических состояний и формы русла реки. Для наглядности в описаниях приводим ниже рисунок 2.2.1, качественно наглядными видами элементов в русле реки и видом на дно, на поперечном и продольном изображениях состояний рельефа, в момент отсутствия потока воды, на том же участке, где на рисунке 2.1.4 показаны состояния в зимнее время, когда формировались шуги и зажоры, видно как отводят воды из подпорова зажорного накопления. Рисунок 2.2.1 представляет собою вид местности, когда наступила зима, тут поток воды, ударяясь о неровное дно реки, будут течь бурным турбулентным режимом течения потока движения, и в суровую зиму с внутри водных кристаллов льда и в большинстве от лепестков снега формируются шуги, из которых состоят зажорные образования, где такими рельефами в русло реки, видом на наличия и устройства имеющих ступеньки с лунками, крупными камнями и булыжниками, острова с зарослями, очевидно представляются картины

течения реки тут, воды текут бурным потоком, пена образованием с турбулентным режимом движения. Зимой, при таком режиме течения воды и при определенной температуре воздуха ($-2 \dots -10^{\circ}\text{C}$) и внутриводной $-0,02 \dots -0,03^{\circ}\text{C}$), и при скорости течения воды больше чем $0,5 \text{ м/с}$, согласно источника [17], формируются шуга и зажоры. Зажоры из шуги наращиваясь и налипаясь на стойкам задвижки и быкам



Рисунок 2.2.1 - Вид на дно русла реки Ала-Арча, без воды, в май месяц 2023 года. Зимой вода течет бурным турбулентным потоком

пешеходного моста уменьшаются живое сечения порога сооружения снизу вверх по высоте сооружения, настолько, что поток воды будет проходить по поверхности зажорного образования (ЗО), перекрывшего пороги сооружения и далее в уменьшенном расходе стекая по уклону русла реки от сооружения текут в водопад по зажорной поверхности, на расстоянии 24 метр до сооружения, уменьшением толщины слоя воды, начинают смерзаться в лёд, формируя «головы» затора. Путь,

проходимый через пороги сооружения водой по поверхности зажорного льда до замерзания ее фронтальной части в водопаде, зависит от толщины слоя воды и температуры воздуха, а также теплообмена между водой, льдом и атмосферой. Движение этого слоя воды сопровождается замерзанием зажорного льда на ледяной поверхности, по которой течет вода, и образованием тонкого ледяного покрова на поверхности воды. Остановка движения слоя воды в результате замерзания его фронтальной зоны в водопаде, приводит к дальнейшему увеличению «головы» затора продолжением роста «тела» затора от водопада до порога сооружения.

Увеличивается уровень воды в реке до сооружения и выходу за сооружением ее на вновь образованный ледяной покров и т.д. При этом образуется «слоеный пирог» и «тело» затора, состоящие из тонких прослоев воды и зажора. В результате за сооружением в русле и, в значительной мере, до сооружения заполняются зажорными образованиями, которые крайне неустойчивы к воздействию внешних и внутренних сил. Так происходят закупорки сооружения, формируется бассейн, постоянным притоком воды.

На рисунке 2.2.2, показан вид участка реки Ала-Арча в феврале 2023 года. Здесь отсутствовал поток воды в русле реки Ала-Арча, в доль ул. Малдыбаева, когда были отведены воды на накопления в верхних бассейнах. Имея физический доступ с ощупом и отбиранием пробы со скелетов бывшего внутриводного льда из зажора, были проведены исследования состава и состояния внутриводного формирования зажорной массы, которые были накоплены в зимний период в русле реки Ала-Арча, когда были заторы из зажорного льда на сооружение. Здесь видны причудливые скелеты накопления внутриводные зажорные массы из шаровидной шуги, где таких накоплений зажора много по русле, и они были задержаны на островах в русле, на стойках моста пешеходов и на других препятствиях течения

зажорные воды. Так выгляделись на вид, как на островах и по берегам русла реки, они сращиваясь смёрзанием накопливаясь в непрочный лед внутри холодной воды, при низкой температуре в воздухе, ниже -8°C , и когда образовались зажорные заторы на сооружении, (см.рисунок 2.1.1) и тогда скорости потока на этих участках были ниже 0,5 м/с, и ещё физическая подъёмная сила Архимеда была меньше, чем силы тяжести зажорного образования (ЗО) в воде. Большая часть объёма ЗО была выше уровня воды. Кроме того, что сила тяжести ЗО, умноженная на коэффициент трения ЗО по дно реки и по бортам, были больше, чем сила давления потоком воды на ЗО. Поэтому ЗО оставались неподвижными внутри потока воды.



Рисунок 2.2.2 - Вид на русла реки Ала-Арча, в февраль месяц, 2023 года

Наблюдениями на месте заторе было установлено, что фильтрация воды через зажорной массы не происходит, так как вода полностью заполняет все пространство без образования каких бы то ни было пустот.

Анализируя графикам состояний погоды по температурам воздуха, наличием облачности, со снегом или без, получали информации из источников [39-47] для анализа и синтеза

формирования шуги и зажора на реке Ала-Арча, сопоставляя с информацией из материалов натуральных наблюдений.

2.3. Методы исследования формирования «головы и тела затора» на реке Ала-Арча с анализом гидрометеорологических данных

Как известно, одним из методов углубленного познания объекта исследования является способ сравнения результатов измерений или наблюдений с фиксацией их состояний, например фото – киносъемкой, с записями событий с экспресс-анализом и с результатами теории и экспериментов со сведениями синоптики.

Постоянные наблюдения проводились с момента начала снегопада, с фиксацией даты, времени событий и сопровождались фотосъемкой по месту в суровые зимние периоды и с водой и без воды в руслах реки Ала-Арча. В результате натуральных исследований заторы на реке Аламедина нами обнаружены не были. Отсутствие заторов из зажора объясняется тем, что в действительности, русла реки Аламедина глубокие, дна узкие и вогнутые. Кроме нашего исследования об отсутствии заторов льда на реке Аламедине обстоятельно изложены и обоснованы в литературном обзоре, изложенном в первой главе, (в раздел 1.1). Только там, процесс формирования зажора на реках, в работах [2:12] изложены как «водноледяных образований».

Для исследования с анализом и сопоставлением режима изменения параметров погоды, записанном в нашем полевом журнале с фотосъемками полученные через интернета суточными гидрометеорологическими данными синоптики [39-46] за каждый морозный день, с 9 по 16 января 2023 года, начиная с 00.00 часов ночи от 9 января и в плод, до ночи 16 января. Тут имеются наглядно оформленные графики записями изменения температуры воздуха и состояния облака с интервалами по времени через каждые три часа, каждого числа в течение суток время, с изображением состояний погоды.

Например, анализируя графики на рисунке в источнике [39], за 9 января 2023 года находим изменения температуры воздуха, изображения состояния неба с облаками за сутки, интервалом 3 часа. Вот, начиная от 00.00 час ночи, температура воздуха, снижаясь от $+4^{\circ}\text{C}$ до $+1^{\circ}\text{C}$, до 09 часов утра, затем повышаясь к 15.00 часов дня, и затем температура снизилась до -1°C , на 2 часа ночи. Здесь в русле реки Ала-Арча вода протекала турбулентным режимом без шуги. Так как рельефом дна реки, как на рисунке 2.2.1, где режимы течения воды будут турбулентными. Небо, как на рисунке в источнике [39] было в облаках, и до утра падал снег. Однако, следующий день 10 января согласно графика, как на рисунке в источнике [40], начиная с 00,00 час ночи, мороз в воздухе, температурой -1°C , и почти монотонно снижался до -8°C , в 24.00 час ночи. Как видно на рисунке с графиком, небо оставалось покрытым облаками, до 03.00 час ночи, при температуре воздуха -1°C , и шёл снег. Затем с 06.00 часов утра, при морозе, пошёл обильный снег. При морозном воздухе лепестки снега, падая на холодный поток воды турбулентным режимом течения, и могут быть, составил необходимый материал в виде кристаллов в воде для формирования шуги.

Необходимыми условиями образования внутриводного льда или шуги являются наличие переохлаждённого потока воды с турбулентным режимом течения воды и наличие в воде ядер кристаллов льда, взвешенных минеральных частиц [17]. В результате наблюдений мы полагаем, что лепестки снега в морозе, падая в переохлаждённую воду, становятся как, так называемые «кристаллы льда в воде», о которых отмечены в работе [17, с. 11]. Однако, в этом и в других, более 80 обзорных источниках не упоминаются «кристаллы льда в воде из лепестков снега».

Продолжим анализ графиков синоптики с интернет источников. Анализ графика от 11 января 2023 года, на рисунке в источнике [41] показал, где, тот день температура воздуха снизилась постепенно, начиная от -8°C , в 00,0 час ночи до -17°C . На графике в [41], где отмечен символично, как падал снег. Очевидно, при такой низкой температуре воздуха, лепестки снега о

мороза подают сухим кристаллом в воду, при температуре воздуха -4°C до -8°C морозе, там шёл обильный снег. При морозном воздухе лепестки снега, падая в холодный поток воды с турбулентным режимом течения, могут быть использованы в качестве кристаллов льда для формирования шуги. Небо в облаках, и падал снег. Очевидно, при морозе лепестки снега от мороза падают сухими в воду. Лепестки снега, падающие в поток переохлажденной воды турбулентным режимом течения могут служить сырьём для шуги. Ибо интервалы температуры воздуха -8°C – 14°C подходят к условиям [17], когда происходит интенсивные формирования шуги, со снегом.

Мороз в 12 января 2023 года, в 09.00 утра составил -23°C холод, а уже в 12.00 час дня погода резко изменилась. Стало небо безоблачным, лучи солнца размягчали зажорные из шуги и снежный покров, температур воздуха поднялась в 15.00 часов дня до -15°C . Шуги из снежных лепестков не формировались, зато падающие в воды зажорные и снежные массы в виде снежура постоянно уносились потоком в переохлажденной воде вниз за сооружением, в водопад, по ходу формируя зажорные “головы” затора, где так накапливаясь дальше от водопада в русле реки. При морозе в атмосфере вода на водопаде, рассеиваясь на большую площадь, уменьшаясь в толщине, легко смёрзают в шугу и формируют зажоры в пути движения по руслу реки. Интенсивное формирование “головы” затора быстро растёт, заполняя пространство по руслу реки за водопадом, и далее переходит в формирование “тела” затора. За 5-6 часов, с расходом потока зажорные воды, ориентировочно определенные, измерением живое сечение через 8 единицы порога сооружений, суммарной шириной 16 метр, глубиной в среднем не более 0,1 метр, со скоростью течения не более 0,7 м/с, составил $Q = 1,8 \text{ м}^3/\text{с}$. Когда “тело” затора из зажора перекрыли все пороги сооружения, и произошёл закупорка сооружения. Такое явление произошло на участке русла реки Ала Арча, ночь в 12 января на утро 13 января 2023 года. Ликвидация затора начиналась вскрытием отводной канавки из зажорного накопления “тела

затора, с правого берега русла реки за сооружением с применением мощной техники с участием работников МЧС КР и «Бишкекводхоз».

Таким образом, в результате натуральных наблюдений установлены режимы формирования зажорного затора на участке реки с сооружением. Как выяснилось, при температуре воздуха -19°C , после снегопада и последующего потепления происходит резкое размягчение зазора и снеговые покровы разрывают связи с берегами, и под действием подъемной силы Архимеда поднимаются покровы и происходит их движения. Они, падая через ступеньки, разламываясь на куски, проходя мимо порога сооружения, за ними формируются «головы» и «тела» затора, которые закупоривают пороги сооружения, что в итоге приводит к накоплению воды с зазорами в бассейн, в последствии происходит перелив воды с зазорами через берега русла реки и затапливаются тротуары.

Путем сравнения натурального исследования и данных синоптики и интернета установили температурные режимы формирования шуги и зажорных заторов, причины и следствия формирования заторов льда на русле реки Ала-Арча, которыми были формирования зажорной закупорки на все 8 порогов сооружения «телом» зажорного затора из шуги.



Рисунок 2.3.1 - Снимка от 14 января 2023 года, с видом вверх, по русло реки Ала-Арча ступенькой, и где вода после водопада текут из-подо-льдом, опять уходит под лёд

Исходя из выше изложенные методы исследования возникают постановки задачи на разработку математической модели формирования шуги и “головы” и “тела” затора, поиска пути решения защиты русла реки от формирования заторов льда. Таким образом, необходимо установить условия загорания затора из “головы” и “тела” затора на участке русла реки Ала-Арча. На рисунке 2.3.1 представлен участок по русла реки Ала-Арча, со ступенькой и минимальным уклоном дно реки в явном виде, где можно заметить результаты модернизации русла реки проведённый летом 2019 года. Здесь с повышением высоты ступеньки с незаметной вогнутостью по середине дна русла реки становясь, как ступенька с водопадом на рисунке 2.3.1, где выше моста автомагистрали Льва Толстого, вдоль улицы им. Эркина Матыева, вода течет из-под льда после водопада, и далее опять уходит под лёд в русло реки. Так что дно реки вогнутое и вода течет, журча подо льдом. На данном участке выше упомянутого моста не происходят заторы льда из зазора зимой уже, 2019 года. Этот участок повторно обследовая в то время, когда не было корки льда на реке.

Проводя сравнения с морозным днем, январь месяц, 2018 года [47], морозным днем январь месяца 2023 года [39-41] установлено, что, самая морозная ночь была 28 январь 2018 года, где низкая температура воздуха была $-26,6^{\circ}\text{C}$, а абсолютные минимумы составили -32°C (рисунок 2.3.2).

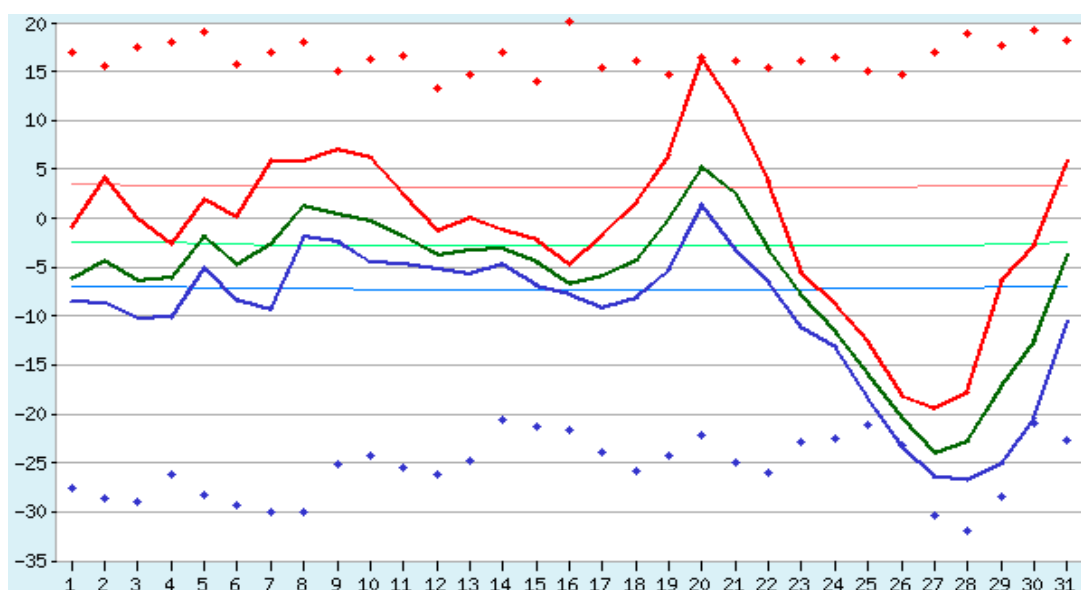


Рисунок 2.3.2 - Погода в г. Бишкеке за месяц января 2018 года. Информация о погоде получена с метеорологической станции Бишкек [47]

На рисунке 2.3.2 указаны значения температуры воздуха за январь месяц 2018 года. **Синий цвет** графика представляет текущую, низкую температуру воздуха, **зеленый цвет** – средние значения температуры. **Красный цвет** максимальную температуру воздуха. На рисунке 2.3.2 также можно увидеть абсолютные максимумы, и минимумы температуры (28 января 2018 года), где обозначены жирными точками соответственно **красного** и **синего** цвета.

Выше были изложены постановки задачи исследования математическим моделированием процессов формирования заторов льда на реке Ала-Арча.

2.4. Математическое моделирование процессов формирования заторов льда на реках

Одним из надежных и безопасных методов в исследованиях за опасными природными явлениями является методы наблюдения и математического моделирования физического процесса формирования самой шуги и “головы” и “тела” затора и с анализом их структуры. В результате этих исследований можно найти решения задачи защиты от формирования зазорного затора льда на реках, с препятствиями на пути движения, разработкой методов и устройств, предотвращающих формирования заторов льда реках.

В результате наблюдений проведенных во время ликвидации зазорных заторов, в виде «головы» и «тела» затора за гидросооружением, с применением мощной техники с утра 13 января 2023 года было установлено, что в составе ликвидированной зазорной массы не были обнаружены куски льда в твёрдом и прочном состоянии, больших размеров. «Голова» и «тела» затора состояли исключительно из белого, матового и редко из грязно-глиняного цвета уплотнённые слоистые, как пироги корки, на вид из явно шаровидного и легко разрушаемого в сыпучих в шуга и небольших и непрочных куски комки. Таким образом, установлено, что на русле реки Ала-Арча

заторы за сооружением зимой 2023 года состояли из зажорного накопления, из шаровидной шуги, последние сформированные в основном из кристаллизованного в лёд ещё холодным воздухом лепестки снега, падающие в холодную воду, с турбулентным режимом течения потока воды в русле реки Ала-Арча.

Затор – это скопление льда в русле, ограничивающее течение реки или загромождение живого сечения реки льдинами. Зажоры – это большое скопление шуги у гидросооружения, мостов или в русле реки. Зажоры вызывают значительный подъем воды в реке. Затор состоит из крупных и мелких льдин. Образование затора из зажора на реке Ала-Арча, несмотря на то, что она не крупная река, происходит именно в середине зимнего периода, когда обильным выпадением снега происходит формирование шуга. Как известно, накопление шуги в большом объеме может формировать зажоры.

На рисунках 2.4.1 и 2.4.2 показаны события после 28 января 2018 года, где ледяные наплывы заполнили бассейн до гидросооружения по руслу реки Ала-Арча. Здесь на рисунке 2.4.1 показано, состояние моста только после 28 января 2018 года, где справа очищенный участок от «головы» и «тела» затора, и где вода уходит вниз в водопад, а слева на высоте сооружения видны наплывы шуги и ледяного покрова. На рисунке 2.4.1 слева, на высоте



Рисунка 2.4.1 - Пешеходный мост с водораспределительным сооружением на реке Ала-Арча, на участке ул. Скрябина, после очищения от зажора ниже сооружения

через металлоконструкции сооружения частично видны зажорные и ледяные наплывы, которые на вес фронт показанные внизу, на рисунке 2.4.2. Такие ледяные наплывы могут появиться, при морозе с температурой воздуха в среднем значении в ночи -25°C , как по графику на рисунке 2.3.2, где средние значения температуры воздуха в 28 января 2018 года, и при скорости потока воды меньше $0,5$ м/с. Эти ледяные наплывы, перемещаясь над водой и падая со ступеньках и торощаясь, как видны ниже, на рисунке 2.4.2, измельчаются на куски, остановились на сооружение. При визуальном осмотре установлено, что эти куски льда неоднородны их структурный состав, состоит из смерзненных из шаровидой шуги и сежного образования более 70% и остальные прозрачно кристалльного льда. Следует отметить, что прозрачные ломки льда могли формироваться, когда покров зажора смочен в стоячей воде, и при сильном морозе, только в зоне русле реки до гидросооружения, а за этим гидросооружением очищены от «головы» и «тела» затора, как на рисунке 2.4.1, участок видом слева, и тем более, при ночном морозе воздуха, согласно графика на рисунке 2.3.2.



Рисунок 2.4.2 - Приплывшие разрушением зажорные покрова после 28 январь 2018 года формирования льда, в бассейне до гидросооружения на реке Ала-Арча

Ночью выше указанной даты, при температуре воздуха -32°C и были образованы эти зажорные покрова и ледяные корки, и значит, что абсолютные минимумы температуры воздуха в ночь 28 января 2018 году составила -32°C (на рисунке 2.3.2) [47]. Мороз в январе 2018 год был суровый, чем в январе 2023 года. Те годы на русло реки Ала-Арча со скоростью потока воды до 0,5 м/с были сформированы покрова льда и зажорные корки. На рисунке 2.4.1, видны, что уже с левой стороны пешеходный мост вместе с гидросооружением уже очищены от «головы» и «тела» затора с применением мощной техники. Затор на этих реках появляется после выпадения обильного снега и с приходом мороза, а затем при повышении температуры в атмосфере, что характерно для климата КР, и хорошо покрытый снегом лёд начинает обильно таять. Одновременно по берегам, получая солнечную радиацию днём после 28-29 января 2018 год, происходит интенсивное таяние ледяного покрова, размягчавшись, освобождаются от сцепления с береговой линией и плывут вниз по воде на гидросооружения и тут останавливаясь, создается затор и бассейн. Уже после очистки затора льда за сооружением, уходила на слив в водопад.

В результате наблюдений за процессом заторообразования, установлено, что причинами движения покрова льда по руслу реки на малых реках являются наличие уклона, плоская геометрическая форма дна в поперечном сечении русла реки и повышение температуры в атмосфере, днём солнечных лучей и причинами останова движений покрова являются различные препятствия, особенно стойки мостов гидросооружений.

Результаты исследования наблюдением на реках Ала-Арча и Аламедин в опубликованы в работе [87; 91], где представлены результаты исследований на участках пересечения автомагистрали по ул. Льва Толстого и реки Ала-Арча и другие участки вдоль этой реки, особенно по ул. А. Малдыбаева. В самом деле наблюдением установлены, что там, где дно реки в поперечном сечении ровное, без углублений или без вогнутости, в меженные периоды, при дневной солнечной погоде, от солнечных лучей, даже при температуре в воздухе до -12°C , после снегопада, вода вместе с талой водой поднимает слой корки зажорного или ледяного покрова вместе снегом под действием силы Архимеда и корка льда движется, сползая вниз, и на имеющихся ступеньках разламываются на куски, образуя ледоход и шугоход (рисунок 2.4.2). Если наоборот, дно реки в поперечном сечении не ровное, с углублениями или вогнутостями вниз, тогда вода под покровом льда течет журча, как в реке Аламедин. Такая картина толкает на мысль, если подобно как на рисунке 2.3.1, там, где затороопасном участке для малых рек, как Ала-Арча что будет. Если, например, предусмотреть сквозного через мост и сооружения, по середине русла реки, ниже дно реки вырыт канал, с вложением во внутрь которого уложить или залить ж/б лоток, для долговечности последних, с живым сечением, с расчётом больше чем для расхода потока воды в меженного периода года, которым является зима.

Формулы двух патентов, выданных КЫРГЫЗПАТЕНТОМ на изобретения за номерами KG 2141 2019 год [84], и KG 2250, 2021 год [88], имеют цель обеспечения защиты малых рек, (как, Ала-Арча) от формирования заторов льда на них.

Сущность этих изобретений заключается в том, что путём активного отвода межледных и талых вод из-под льда по ж/б желобам, вложенным в вырытые по середине русла реки канал, исключив движения покрова льда, которые задержится на насыпах из материала, вынутого из канала грунта в гравиях, уложенные на дне реки, с берега канавки трамбовкой, под острым углом до берега русла, как в работах [84 и 88].

Установлено, что основой формирования зажорной массы являются накопления шуги из лепестков снега в воде с турбулентным режимом движения потока в русле реки Ала-Арча, как показали наблюдения за снегопадом у реки и исследованием графиков изменения погоды по данным синоптиков из интернета за 09-16 январь 2023 года [39-46], в г. Бишкек графика на рисунке 2.3.2, из источника [47] за 28 января 2018 года. Так как поток воды в русле реки Ала-Арча можно рассматривать как движение идеальной жидкости, и реально сплошной средой. Падения снега в холодном воздухе в холодную, внутриводной температурой, около $-0,02^{\circ}\text{C} \dots -0,03^{\circ}\text{C}$ [17], турбулентным режимом течения воды, лепестки снега могут становиться кристаллами льда, к которым смерзают слоя воды и вихревым движения формируются шаровидную шугу.

Математическую модель формирования шаровидной шуги можно разработать в условиях физического процесса протекающего течения потока воды в русле реки, с наличием ступеней с лунками на дне, камней и других неровностей в продольном и поперечном сечениях русла реки, как представленный на рисунке 2.2.1. Для оценки физического состояния русла реки сперва воображаемого, затем

визуального и слухового, со журчанием потока воды под покровом льда, проводились исследования состояний, сопровождаемая местами фотосъемкой и аудиозаписями, последующим обработкой. Когда русле реки, как на рисунке 2.2.1 течет вода, тогда обеспечивается турбулентный режим течения воды и соответствующему внутриводному температурному режиму, согласно [17], тогда могут быть, сформированы шаровидные шуги в турбулентном режиме течения воды с определенной скоростью.

Математическое моделирование процессов формирования заторов льда на реках начинается с описание формирования шаровидной шуги в русле реки Ала-Арча, из которых состоит материалы зажора. Зажор, как рыхлый лёд, накапливать при морозе формируют заторы льда в русле реки.

Таким образом, началом изучения процессов формирования заторов льда на реке Ала-Арча, являются движения потока течения речной воды, описываемые системой из трех дифференциальных уравнений (по Эйлеру) в развёрнутом виде, согласно источников [48] и [50, с. 58], ниже переписанной для установившегося движения идеальной жидкости, когда скорости и давления в любой точке трехмерной системе координат (x, y, z) движущейся воды, как сплошной среды, не изменяются во времени, а зависят только от местонахождения материальной точки в пространстве, с четырьмя неизвестными параметрами уравнений движения $p; v_x; v_y; v_z$:

$$\begin{aligned} \frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_x}{\partial z} &= X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x}; \\ \frac{\partial v_y}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_y}{\partial z} &= Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y}; \\ \frac{\partial v_z}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_z}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_z}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} &= Z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z}. \end{aligned} \tag{2.4.1}$$

Здесь задаётся пространственное поле скоростей, занятое движущейся жидкостью. Для того чтобы определить параметры $p; v_x; v_y; v_z$, необходимо четвёртое уравнение. Этим уравнением является дифференциальное уравнение неразрывности потока жидкости, полученное после ряда преобразований, с учётом того, что сумма изменений проекций скоростей в направлении соответствующих координатных осей равна нулю, то есть:

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0. \quad (2.4.2)$$

Это значит, что объем воды, поступающей из верхнего русла реки, равен объёму воды, вытекающей через водораспределительное сооружение. Получается уравнение постоянства расхода на любом сечении потока воды в реке, т.е. уравнение неразрывности движения потока воды:

$$v_1 S_1 = v_2 S_2 = v S = Q = const. \quad (2.4.3)$$

Далее, из уравнения (2.4.3) следует

$$v_1 / v_2 = S_2 / S_1 = const \quad (2.4.4)$$

где в установившемся потоке жидкости средние скорости движения обратно пропорциональны площадям соответствующих живых сечений. При необходимости, зная значения параметров живых сечений и скоростей потока воды, учитывая турбулентность движения потока воды, можно определить расход и мощность потока с помощью метода Эйлера.

После решения задачи математического моделирования формирования шаровидной шуги, выполняемая рассматриваемого в третьей главе данной работы, из которых состоит зажоры на русло

реки, продолжают исследования формирования «головы» и «тела» затора с математическим моделированием получения их уравнений в зависимости от потери напора в русле реки с начальными условиями, на преодоление сопротивления движению сперва без зажорной воды, проявляющегося по всей длине L потока, обусловленного силами трения частиц воды друг о друга и о дно и берега на данном участке, затем после наступления зимы, потока воды с зазором, при формировании «головы» и «тела» затора, и при закупоркой порогов сооружения, с определением их потери напора, реально на данном участке реки.

Далее продолжить исследования движения зазорной речной воды по ж/б желобам и из-под льда талые воды по наклонным и сходящим к желобам на угол α линиям тока.

В самом начале третьей главы будут изложены экспериментальные исследования на специально разработанном и изготовленном гидротехническом макете на предмет определения достоверности турбулентности режима течения речной воды на русле реки Ала-Арча, где наличие такого режима течения воды в зимний период необходимо, только тогда формируются шаровидные шуги в русле реки. Кроме этого устанавливаются экспериментально сохранность формы уплотненных насыпей на дне русла реки, при потоке воды, например во время половодья.

Обоснованы методы математического моделирования процессов формирования зажоров и заторов льда на реках. Далее, путем натуральных наблюдений, и путем эксперимента были разработаны геометрические модели процессов формирования зажоров и заторов льда на реке Ала-Арча и защиты реки от них. Геометрический метод позволяет понять физический процесс формирования заторов льда с зазорами на малых реках наблюдением [87], разрабатываются гидротехнические сооружения [89], исключая образования

заторов льда из зажорного образования. Это достигается путём активного отвода меженных и талых вод из-под льда, исключив движение покрова льда или зажорной массы по руслу реки.

2.7. Выводы по главе

В данной главе отражены методы исследования объекта, которыми были зажорные заторы льда на реке и определением их предметы исследования.

1. Необходимо отметить, что река Ала-Арча в городе Бишкек в зимний период года является доступным полигоном для проведения исследований явления формирования шуги из кристаллов лепестки снега в морозном воздухе, подающие в переохлажденную воду с турбулентным режимом течения по руслу реки, формирования зажорных масс из накопленной шуги, из которых в холодное ночное время формируются «голова» и «тела» затора за гидросооружением (рисунок 2.1.1) или «головы» затора за мостом автомагистрали (рисунок 2.1.2), в итоге происходят заторы закупоркой зажорными материалами из шуги.

2. Достоверным методом исследования формирования шуги, «головы» и «тела» затора на реке Ала-Арча послужили методы натуральных наблюдений за состоянием предметов исследований фото фиксацией, и с ауди записями в полевой журнал и сопровождением последующего анализа со сравнением параметров на графиках, полученных из интернета суточные показатели синоптики из Бишкекской гидрометеорологической станции, на конкретную дату, которые совпадающему с данными, полученными натурными исследованиями. По данному методу впервые установлено, что формирование шуги, где их основными кристаллами в переохлажденном турбулентным режимом течения воды составит из лепестков снега подающие в холодном воздухе.

Для разработки математических моделей формирования шуги и “головы” с “телом” затора опирались на основы механики жидкости и на труды основоположников гидравлики и гидродинамики, учения по физике и высшей математике, теоретической механике, пособий по математическому моделированию явлений и систем.

3. Среди множества методов исследования заторов льда на реках, проведения натурных исследований с наблюдением, и считается один из надежных методов в исследованиях подобных явлений. Наблюдая с анализом за процессами формирования шуги, зажорных масс, состоянием льда и зажорного покрова, находящегося без движения, и где под ним течет по ручей и журчат вода. Путем наблюдения за этими явлениями определили способы защиты реки от заторов и решений на разработку гидротехнического сооружения предотвращающей формирования заторов льда на реках.

ГЛАВА 4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВНЕДРЕНИЮ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ, ПРЕДОТВРАЩАЮЩЕГО ФОРМИРОВАНИЯ ЗАТОРОВ ЛЬДА НА РЕКЕ АЛА-АРЧА

4.1. Обзор о защитных гидротехнических сооружениях от зажоров и заторов льда на реках

Как изложено выше, одним из опасных природных явлений в черте г. Бишкек являются заторы льда на реках Ала-Арча и Аламедин. К тому же заторообразование на реке Ала-Арча более опасно, чем на р. Аламедин, как было нами установлено проведенными исследованиями, что на речке Аламедин заторы в черте г. Бишкек обнаружены не были. Так как на реке Аламедин мосты автомагистралей и других участках, берега высокие и дно русла узкое и вогнутое. На рисунке 4.1.1, показан участок русла реки Ала-Арча по длине в черте столицы, с меженным потоком воды, совпадающему зимнему периоду года, когда вода течет с минимальным расходом, где согласно источника [2; Глава 10,

Бишкек; 12], где расход в среднем составляет $Q_{\text{сред}} = 1,38 \text{ м}^3 / \text{с}$. Этот же участок реки Ала-Арча во время зимы 2018 года показан на рисунке 1.1.5.



Рисунок 4.1.1 – Вид на русло реки Ала-Арча, ниже моста автомагистрала по ул. Ахунбаева, вдоль ул. Малдыбаева, с видом на ярусные ступеньки во всю ширину канала, с плоским дном, где зимой формируется зазоры из шуги. Ниже этого находится водораспределительное сооружение на ул. Скрябина, который относится к заторопленным участкам первой группы, где за каждые 5 лет обязательно происходят заторы, как представлено на рисунках 1.1.1 и 1.1.2, а также 2.1.1 и 2.1.4. После 2019 года вдоль ул. Э. Матыева, выше моста на автомагистрале Льва Толстого, был модернизирован ряд ярусных ступеней по этому руслу реки с повышением их высоты, как предоставлен на рисунке 2.4.12 (снимок сделан зимой от 14 января 2023 года). Там нет движения зазорного покрова, тогда как в 2018 году, когда еще не было модернизации, на конце этого участка, как видно на рисунке 2.1.2 были крупные зазорные заторы на мосту. Здесь даже за мостом были сформированы «голова» затора. До настоящего времени заторы ликвидировались мощной техникой, с частичным вывозом зазорной массы из зоны затора и с участием людских ресурсов вскрывались зазорные покрыва для отвода воды по ручьям, через сооружения, как на

рисунках 2.1.1, 2.1.3 и 2.1.4. Тогда не было другого метода. Данный метод ликвидации затора затратный, при этом прибегали к мобилизации людей и тяжелой техники.

Обзор литературы показал, что способы и устройства по борьбе с заторами и зажорами на малых реках как Ала-Арча в борьбе с заторообразованием еще обнаружены не были.

Для предотвращения образования заторов с зажорами на определенном участке реки, где часто наблюдаются это явление, предлагался способ активного отвода талых вод из-под льда и прибывших сверху по руслу воды с ледоходом и шугоходом, без разрушения целостности образованного льда, даже со снеговым покрытием. Отвод вод осуществляется путем вложения по центру русла реки, начиная с конца хвоста формирования затора на опасных участках предполагаемого затора с зажорами, последовательно соединенных железобетонных желобов в вырытый канал, который начинается с полуворонкообразного забора с откосом и дном, углубленным ниже уровня дна русла реки. Предложенный способ исключает образование заторов льда с зажорами на малых реках. Использование предложенного способа может исключить образование затора и зажора, особенно у мостов и водораспределительных сооружений на реках Ала-Арча и Аламедин.

В итоге обратили внимание на запатентованное изобретение “Сооружение для предотвращения заторообразований на реке” КГ ПАТЕНТ № 2141 [87].

По сущности, выше указанное изобретение по содержанию близко к решению рассматриваемой проблемы: повышение эффективности предотвращения заторообразований на определенных опасных участках рек, какими являются стойки невысоких мостов, путем **отвода** за пределы моста без разрушения его целостности образованного льда со снеговым покрытием, по желобам, уложенным

в канал с углубленным дном, вырытым ниже уровня дна русла реки талых вод из-под льда и прибывших сверху по руслу реки вод с мелким льдом и шугой.

Описание устройства и принцип работы данного технического устройства представлены в работе [87] и может справиться с поставленной задачей, если прибывший сверху поток воды только с мелкими льдинами и шугой будет направлен в полуворонкообразный заборный откос (см. ПАТЕНТ за № 2141, фиг.1, [84]). Далее, поток воды устремляется по течению по каналу с желобами, унося мелкий лед и шугу [84]). Однако, имеется недостаток в применении данного изобретения. Может быть так, что к этому моменту уже образованы зажоры и заторы до полуворонкообразного заборного откоса, предусмотренного впереди первого блока желобов, вложенных в вырытый ниже дна реки канал. Они по полуворонкообразному заборному откосу могут поступить сверху, совместно с рыхлым льдом и шугой. Кроме того, крупные льдины шириной, большей ширины желобов сверху, могут сдвинуться в ранее образованный затор или зажор льда с большим объемом и закупорить вход в желоба, образуя новые заторы. Аналогичное явление можно наблюдать в быту, при переливании густой жидкости с примесями в другой сосуд.

Таким образом, недостатком гидротехнического сооружения [84] является то, что прибывшей сверху по руслу реки крупногабаритный шугоход и ледоход или прорвавшийся сверху поток и сдвинувшийся затор могут наглухо забить полуворонкообразный заборный откос, образуя заново затор уже у входа в желоб.

Указанный недостаток выявленных в работе [84] устранены в работе [93] и на предлагаемое (модернизированное) гидротехническое сооружение получен ПАТЕНТ КГ № 2250. Принцип работы устройства поясняется чертежами в работе [88] обстоятельно. Предложенное гидротехническое сооружение может надежно

обеспечить защиту затороопасных участков реки от заторообразований льдами и зажорам на реке Ала-Арча. Поэтому в рамках данной главы рассмотрен вопрос модернизации водораспределительного сооружения на русле реки Ала-Арча.

4.2. Модернизация водораспределительного сооружения на участке в русле реки Ала-Арча, расположенного на ул. Скрябина, в г. Бишкек

Заторы льда на реке Ала-Арча, где расположен гидротехническое водораспределительное сооружение (рисунки 1.3.1, 1.3.2, 2.1.1, 2.1.3, 2.1.4 и 2.5.1) происходят каждые суровые зимы. Главным образом, материалы затора состоят из зажора и шуги. О формирования шуги и зажоров на реке Ала-Арча обстоятельно изложены выше.

Натурным обследованием конструкции водораспределительного сооружения (далее по тексту сооружение), определены параметры основных геометрических элементов, таких, как ширины 8 м заслонок по 1950 мм и высотой 1200 мм, установленных по блокам, с шагом по 2000 мм.

Экономическое обоснование проведения модернизации сооружения можно объяснить обследованием разрушений по местам работы тяжелой техники, которые за время ликвидации затора на участке реки Ала-Арча, где на рисунке 4.2.1 видны, что после их работы остались изуродованные арычные системы из ж/б желоба.



Рисунок 4. 2 .1- Состояние участка берега, после ликвидации затоов льда на русле реки Ала-Арча. Вблизи водораспределительного сооружения были разрушены арычные системы, принося ущербы

Объем принесённый ущерб на этом участке и плюс, затраты на ликвидацию затора льда, частичным вывозом из зоны затора очевидно будут составлять крупные суммы, чем затраты на модернизацию данного сооружения. Поэтому проведение конструктивной модернизации водораспределительного сооружения (ВРС) и участки, расположенные ниже на около 57,5 метров от первой ступеньки до сооружения (см. рисунок 4.2.2) и 24 метр за сооружением до водопада, ж/б желобов в вырытый по середине русло реки и насквозь сооружения до водопада канал. На рисунке 4.2.2 представлены наглядные эскизы русла реки, где указаны укладки ж/б желоба, и ряд косых укладок брусев или укладки бортовки под расходящим углом $\alpha = 30^\circ$ и параллельные, направленные к контуру желоба линиями, представляющие направлений потоков из-подо льда воды, стекаемые в жёлоб как на рисунке 3.5.1 б), позволит достижению устранения формирования заторов льда на этом участке реки навсегда. На рисунке 4.2.2 а) представлен вид участка реки, в продольном по середине русла с водораспределительным сооружением в момент затора зажорным закупоркой “телом” затора. Далее, на данном рисунке указаны все

элементы участка и событий процесса закупорки зажорными материалами из шаровидной шуги.

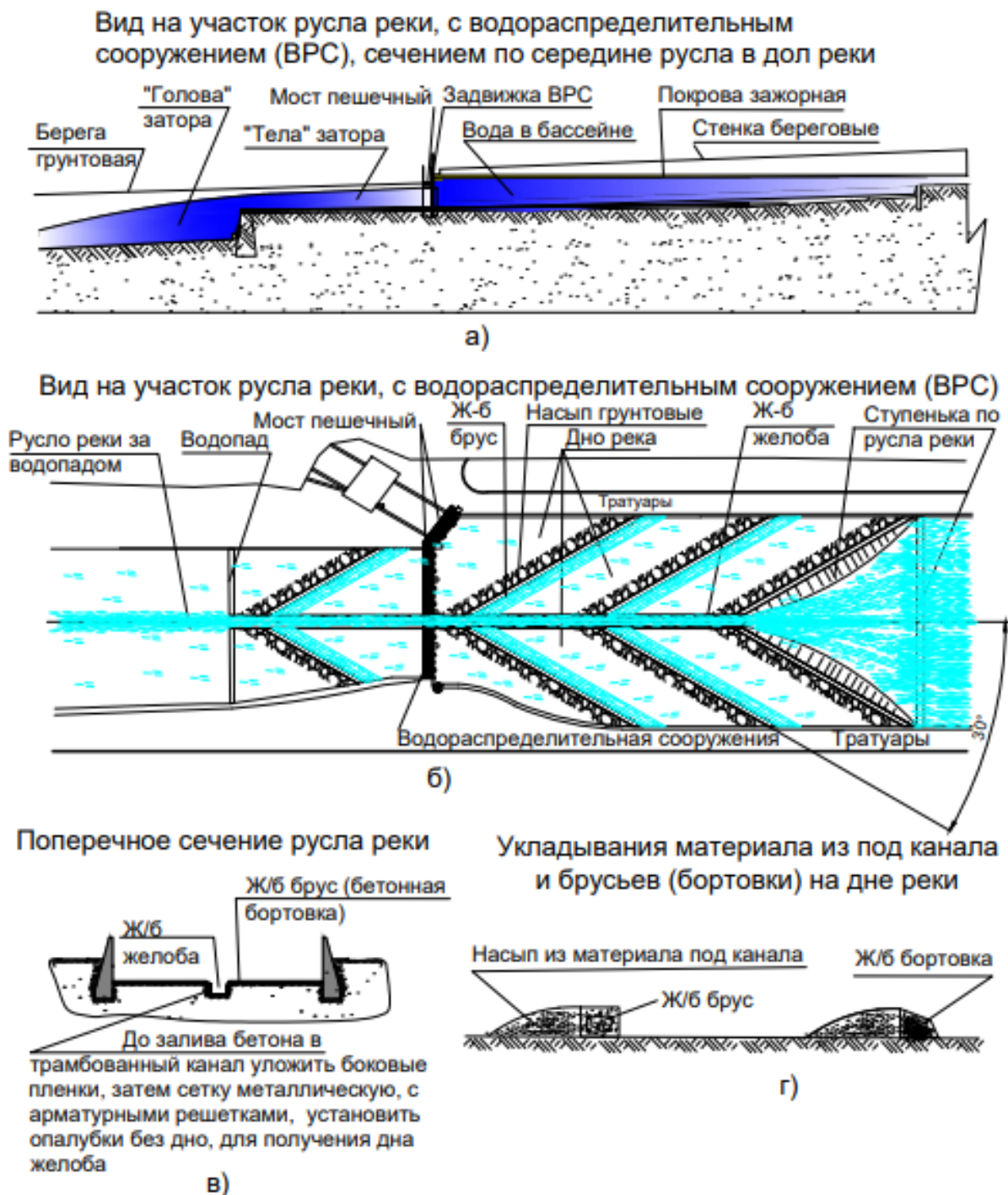


Рисунок 4.2.2- Общий вид гидротехнического водораспределительного сооружения на участке русла реки Ала-Арча

Распределения грунтового материала из под канала проводится равномерно укладыванием насыпи уплотнением, начиная от берега канала к береговым стенкам, под острым углом по 30° , по разметку и укладыванием ж/б брусьев или бортовок, как на рисунке 4.2.2, г), чтобы

талые воды направлялись к желобу как показано на рисунке 4.2.2, б). При этом целесообразно, чтобы объем материала, вынутого из желоба, был равен объему насыпи, уложенной параллельно по берегам канала, соответственно по n количеством и длиной насыпей, равный l . Тогда должны соблюдаться математические равенства:

$$V_{\text{канала}} = V_{\text{насыпа}} = S_{\text{канала}} \cdot L = 2 \cdot n \cdot S_{\text{насыпа}} \cdot l, \quad (4.2.1)$$

где $V_{\text{канала}}$ – объем материала, вынутого из канала посередине русла реки, длиной L м; $V_{\text{насыпа}}$ – суммарный объем уплотненных насыпей по берегам канала, в м^3 ; $S_{\text{канала}}$ – площадь поперечного сечения канала, в м^2 ,

$$S_{\text{канала}} = 0,1 \cdot b_{\text{к}} \cdot h_{\text{к}} \cdot \nu \text{ в } \text{м}^2, \quad (4.2.2)$$

где $b_{\text{к}}$ – ширина канала под желобом, в см, последняя величина определяется по формуле:

$$b_{\text{к}} = B_{\text{ж}} + 2 \delta + 2,0, \quad (4.2.3)$$

где, $B_{\text{ж}}$ – ширина желоба по наружному размеру, см; δ – толщина бортовой стенки желоба, не более 10 см; 2,0 - гарантированный зазор, в см, $S_{\text{насыпа}}$ – площадь поперечного сечения насыпи, в м^2 . Эта величина является определяемым параметром для укладки на дне реки вес материала вынутые из канала под желоба, при сооружении гидротехнического устройства на участке реки, длиной L , м. Здесь при формировании профиля канала с спецтехникой, приходится выполнять с прямоугольным профилем. Поэтому при расчете $S_{\text{канала}}$ приходится этого принять во внимания. В связи с этим обстоятельством, желоба будут иметь минимальные боковые уклоны на самом деле. По этому могут перетерпеть изменения перерасчеты формы профиля желоба и уточняться при выполнении проектных работ.

Обозначим среднюю ширину русла реки буквой P , в м. Зная исходные измеряемые натуральные размеры русла реки и канала под желоба, угол α укладки насыпов, выразить объем вынутого материала из канала

$$V_{\text{канала}} = (B_{\text{ж}} + 2 \delta + 2,0) \cdot h_{\text{к}} \cdot L, \text{ в м}^3 \quad (4.2.4)$$

Исходя из равенства (4.2.1), находим искомую величину $S_{\text{насыпа}}$:

$$S_{\text{насыпа}} = V_{\text{канала}} / 2 \cdot n \cdot l, \text{ в м}^2, \quad (4.2.5)$$

где n — количество насыпов на одном берегу канала в русле реки;

l — средняя длина насыпов на дне русла реки, которая определяется по формуле:

$$l = \frac{P - b_{\text{к}}}{2 \cos \alpha}, \text{ в м.} \quad (4.2.6)$$

Из формулы (4.2.4) и (4.2.6) получим искомую величину

$$S_{\text{насыпа}} = \frac{V_{\text{канала}}}{2 \cdot n \cdot l} = \frac{(B_{\text{ж}} + 2 \delta + 2,0) \cdot h_{\text{к}} \cdot L \cdot \cos \alpha}{n \cdot (P - b_{\text{к}})}, \text{ в м}^2. \quad (4.2.7)$$

Полученные параметры площадей поперечного сечения насыпи из материала грунта, вынутого из канала под желобом, позволяют планировать рациональное распределение на дне реки, с оптимальной и желаемой формой укладки насыпа в ряд валом, с уплотнением, для придания обтекаемой формы параллельных валок из грунта, за уложенные брусев или заливаемого бетонной бортовки, как на рисунке 4.2.1, г).

4.3. Разработка конструкции модернизированного гидротехнического сооружения, предотвращающего формирования заторов зажорного льда

Разработка модернизации гидротехнического сооружения начинается на основе всестороннего изучения натуральной конструкции существующего объекта, составлением набросков общего вида, нанесением размеров на чертеж. Наличие фотоснимков облегчают работы с измерением при изучении конструкции элементов сооружения для модернизации. На рисунке 2.5.1, представлена ее модель конструкции с видом сбоку на сооружение. Сооружение (рисунок 4.3.1) в виде металлоконструкции, состоит из стандартных прокатных металлов: швеллеров и угольников. Например, стойки с направляющими; балки рамные; балки конструкции моста

пешеходного, деревянным настилом из швеллеров от № 10П до № 18П, включительно. Далее, заслонки листовые, с толщиной до 10 мм, размерами 1950 на 1200 мм, в количестве 8 единицы, с сварными рёбрами жёсткостей из прокатного угольника № 8 на тыловой стороне стенки, и конструкцией кронштейнов, для шарнирного крепления их с подъёмными винтами диаметром 50 мм, прямоугольным профилем резьбы. По рисункам 2.5.1 и 4.3.1 имеется возможность разработать чертежи на модернизацию данного сооружения. Проект модернизация сооружений, состоит для одного шлюзного затвора, размерами 1950 на 1200 мм, и толщиной до 10 мм. Рассчитан расход воды через желоба, зная её площадь поперечного сечения по формуле (3.6.9), выполненный выше на страницах 117-118:

$$W_{п} = (b + Bб) \cdot H_{п}/2, \text{ и } W_{п} = (1,20 + 1,95) \cdot 1,2 \cdot 0,5 = 1,575 \text{ м}^2.$$

Расход воды при площади поперечного сечения желоба, проходящей через один из восьми средних порогов на сооружении по существующей заслонке, при ширине борта равной 1,95 м, что составит более $W_{п}=1,57 \text{ м}^2$, что расход воды по этому сечению, при скорости потока $v = 1,0 \text{ м/с}$ будет равен $Q = 1,57 \text{ м}^3/\text{с}$, что больше чем расход воды в меженный период расхода в зимний период, что равный $1,38 \text{ м}^3/\text{с}$, на около 14%. Конструкция главного сооружения с общей длиной 17 метров, состоит из четырех блоков, с промежуточными тремя опорными ж/б быками (см. рис. 4.3.1). Общая конструкция сооружения состоит двух дополнительных шлюзов с общей длиной до 3 метра, с правого берега, косо расположенных, по направлению потока воды, через широкий опорный бык, для распределения отводом воды на полив, и с левого берега, под прямым углом водоотводный шлюз, шириной 1,2 метр, тоже на полив. Каждый блок главного сооружения состоит из парных заслонок, каждый с персональным винтовым подъемником и оконтонанный в рамку, из параллельных двух швеллеров № 18П, по торцами соединенные металлическими

пластинками, толщиной 10 мм в рамку. Каждые четыре главные горизонтальные рамные блоки закреплены на торцы двенадцатью стойками через настильные пластинки разъемным креплением, болтовым соединением, а каждые стойки собраны из двух или трех вертикальных швеллеров, в зависимости от места расположения в ряду от трех опорных быков в сооружении. Промежуточные стойки из 12 единицы состоит из двух швеллера №16П, стенными спинками параллельными и соединенными по середине спинки швеллера соединены полосами.



Рисунок 4.3.1 - Вид весной, по направлению съёмки, с Востока на Запада и под острым углом зрения на переднюю стенку листовых заслонок

Крайние стойки собраны из трех швеллеров, два из них швеллера №12П собраны параллельными спинками стенки, и третий швеллер в соединенном виде, со спинкой швеллера № 16П, составляют П-образные формы. Линейные размеры величины конструкции каждого блока установлены так, что расстояние между осями винтовых подъемников в одном блоке равны по 2000 мм, когда ширина листовой заслонки равны по 1950 мм. Длина каждой рамки по длине швеллеров

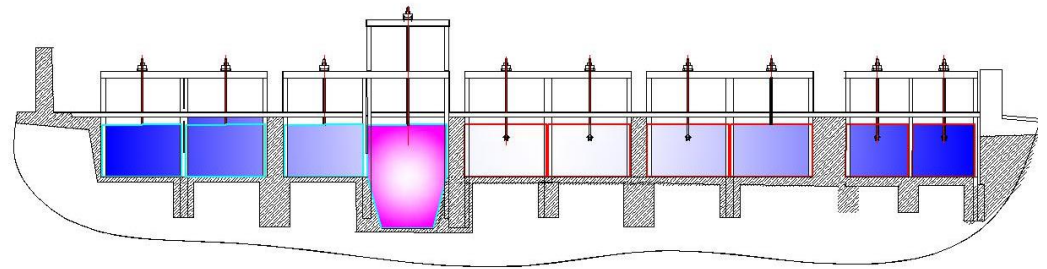
равны тоже по 2000 мм. Что торцевыми пластинками рамки имеются по 25 мм на сторону, гарантированные зазоры на движения то имеются по краям стенки стойки по 25 мм зазоры.

Для конструктивной модернизации сооружения требуется наращивать в высоту одному, средней заслонки на 1200 мм, трапециадальным контуром, соответствующем форме поперечного сечения внутреннему контуры стенки желоба и наращиваниям лишь длину винта этой заслонки.

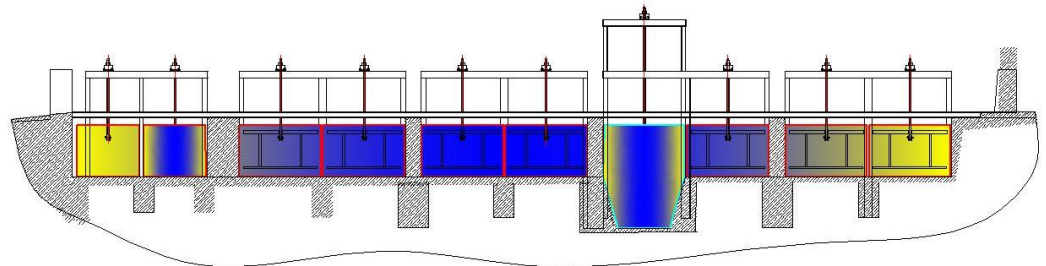
Желоба целесообразно закладывать из ж/б в вырытую близко к середине русла реки (количество заслонок 8 единиц), с размерами “живого сечения” трапецидальной формы, нижним основанием 1200 мм, глубиной желоба 1200 мм и верхний размер оснований трапеции равны ширине существующей заслонки и равны 1950 мм. На рисунке 4.3.2 представлены общие виды на модернизированного сооружения видом с переди и с зади, а также отрытом не до конца поднятой средней заслонки над желобом. Для наглядности конструкция представлена в цветном изображении заслонок, с приминением графической программы AutoCAD 20.

Конструктивная разработка элементов для модернизации сооружения исходим из имеющих ассортиментов прокатных стальных материалов, в виде швеллера №16, наращиванием высоты на 1200 мм четыре единицы стойки и из двух горизонтальных балок, из того же прокатного швеллера. На рисунке 4.3.3 представлены конструктивные параметры таких элементов заслонки, как ходовые винты с гайками, длиной 3100 мм; 4 шт. стойки из швеллера №16, длиной по 1200 мм; 2 шт. балки из швеллера №16, длиной по 2000 мм; часть заслонки, трапедцеидальным контуром, указанными контурными размерами, сваренными к заслонку с прямоугольными размерами (1950x1200) мм. Разработка строительства ж/б желоба живым сечением в форме равнобедренной трапедции, с геометрическими параметрами,

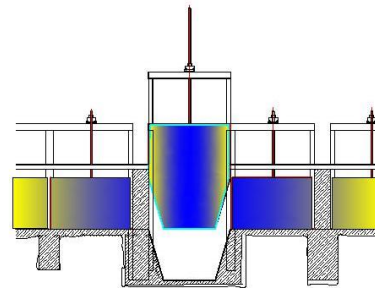
определенные в третьей главе работы и в известных параметрах: нижний оснований трапедции по 1200 мм и верхний 1950 мм, при глубине 1200 мм. Эти размеры могут обеспечить расход $Q = 1,57 \text{ м}^3 / \text{с}$ при скорости речного потока $v = 1,0 \text{ м/с}$. На практике скорость потока воды по желобу будет до 20% больше, чем на русле реки. Этот расход больше чем в меженный, как зимный период потока воды, что равны $Q = 1,38 \text{ м}^3 / \text{с}$, [2; 12]. В период набора воды на верхних бассейнах, до городского поливного сезона, когда отсутствует вода в реке Ала-Арча, как на рисунке 2.2.1, рекомендуется выполнять строительные работы с применением эксковатора по нанесенной разметочной линией, как на рисунке 4.2.2, выкопать канал трапедцеидального профиля с уплотнением боковых откосов, посередине русла реки, с расчетом на толщины стенки ж/б желоба, на не менее, чем 12 см, с укладкой сетки-мака на откосах и на дне канала. Такие строительные работы обходятся не так дорого, имеют большой эффект. Каждая средняя заслонка сооружения позволяет соорудить сквозной ж/б желоб с выше указанными геометрическими размерами.



Вид на сооружение, спереди. Заслонки закрыты



Вид на сооружение, сзади. Заслонки закрыты



Вид на часть сооружения, сзади.
Заслонка открыта

Рисунок 4.3.2 – Общие виды модернизированного водораспределительного сооружения

Количество парных (двусторонних) насыпей по берегам канала с желобом до сооружения (согласно рисункам 4.2.2) будут достаточными по 3 пары, после сооружения будет достаточны одна пара. Укладка насыпи выполняется равномерным распределением высотой с уклонным откосом, параллельным уплотнением трамбовкой. Допускается трамбовки насыпов пневмомолотом.

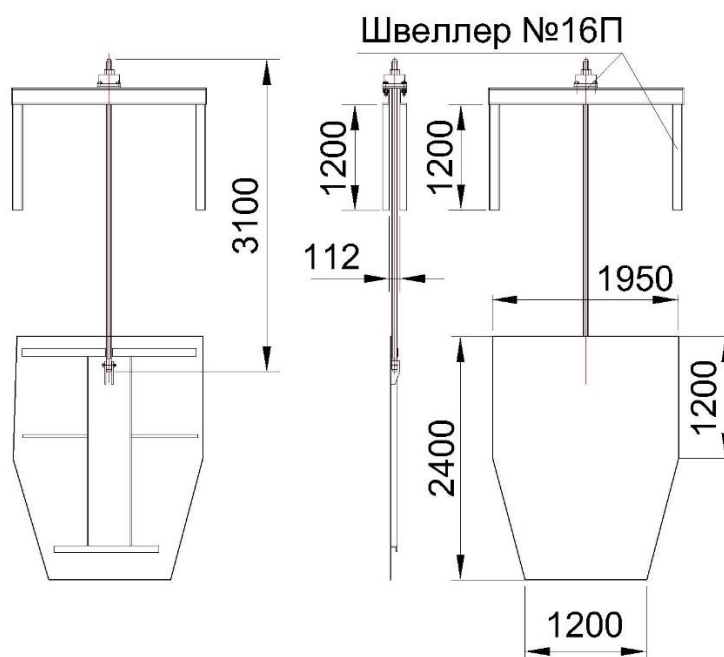


Рисунок 4.3.3-Конструктивные элементы заслонки над ж/б желобом трапецеидальной форм, с реальными конструктивными размерами

4.4. Выводы по главе

Проведенными исследованиями установлено, что заторообразование на реке Ала-Арча более опасно, чем на реке Аламедин. На реке Аламедин заторы в черте г. Бишкек обнаружены не были потому, что на река Аламедин, в черте г. Бишкек, мосты автомагистралей и других участках, берега высокие и дно русла реки узкое и вогнутое, здесь вода течет подо-льдом, журча. На реке Ала-Арча наоборот, русла реки широкие, местами более 20 метров, дно плоское, как на рис. 4.1.1. Поэтому зажорные заторы в суровые зимние периоды частые стихийные явления. Раньше для ликвидации заторов осуществляли с применением мощное техники и мобилизацией людей. Разработку модернизации водораспределительного сооружения направлена на прекращение формирования заторов из зажора в суровые зимы. Затраты на модернизации водораспределительного сооружения конструктивно несложны, а работы по модернизации в изготовлении и укладывания ж/б желоба через сооружения выполнимы. Окупаемость не превышает затрат на ликвидации последствий заторов и потопов в один зимний период затора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе рассмотрены две опасные природные явления: селевые потоки, сформированные ливневыми дождями, и заторы льда с зажорами на малых реках на территории Кыргызской Республики.

1. Предложен способ, управляющий «языком» селевого потока, за которым следует само «ядро» ливневого селевого потока, минуя объект разрушения, и на это получен ПАТЕНТ на изобретение за № 2140, от 2019 года, «Устройство для защиты от селевых потоков».

2. Разработана математическая модель физического процесса формирования шаровидной шуги на реке Ала-Арча в период суровой зимы, из которых состоит материалы зажора в реке, и исследованы с разработкой математической модели формирования из зажорной массы «головы и тела затора» от порога водораспределительного сооружения и водопадом на участке реки Ала-Арча, где хвостовым торцом “тела затора” из зажора закупорены пороги водораспределительного сооружения.

3. Разработан и изготовлен экспериментальный макет ГТС и проведены серии натурных экспериментов на русле реки Ала-Арча, для визуального наблюдения воздействия течения струи потока воды реки на насыпи из гравия, уложенные по берегам канала, вырытого под желоба на дне реки.

4. Разработаны способы и устройства гидротехнического сооружения для предотвращения заторообразований на реке, с получением патентов на изобретения за № 2141 и № 2250, с обоснованием основных геометрических параметров живого сечения желоба, разработкой математической модели работы ГТС с отводом и очисткой от заторных наносов, поступающих сверху потоком в бассейн на входе в желоб.

5. Обоснован проект модернизации водораспределительного сооружения и дна русла реки Ала-Арча, где по середине от первой ступеньки до конструкции сооружения и вниз до водопада, будет

вырыт канал, куда будут уложены насквоз сооружения ж/б желоба. В результате использования модернизированного гидротехнического сооружения позволяет предотвращать формирования заторов на данном участке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сборник тезисов и Первой Евразийской конференции «Инновации в минимизации природных и технологических рисков» с 22 по 24 мая 2019 года, в г. Баку, Азербайджан.
2. Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики (изд. 19-е с изм. и доп.). – Б.: МЧС КР, 2022- 842 с. (см. из Google. Часть II. Глава 10. Город Бишкек).
3. Перов В.Ф. Селеведение. Учебное пособие. – М., Географический факультет МГУ. 2012.– 272 с.
4. Псарев М. О движении сели (овражных выносов), бывшем причиной катастрофы в г. Ордубате и в селении Акулисах Нахичеванского уезда. “Зап. Кавказского отделения РГО”. – Тифлис, 1885. – Т. 17. – С. 1–16.
5. Белая Н. Л. Моделирование внутригодового распределения дождевых селей в горных регионах мира. Автореф. дисс. на соиск. учен. степ. канд. геогр. наук. – М., 2005. – 23 с.
6. Михайлов К.А. Селевые явления и борьба с ними // «Гидротехника и мелиорация». 1971, N 5. – 119 с.
7. Логинов Г.И. Гидравлические процессы при водозаборе из горных рек. – Б.: Изд-во КРСУ, 2014. – 196 с.
8. Бийбосунов И.Б., Бийбосунов А.И, Орозобекова А.К. Селевые потоки на территории юга Кыргызстана и оценка их опасности. – Б.: Вестник ТУ “Дастан”, 1999. – С. 28-36.
9. Кожогулов К.Ч. Защита населения и крупных геотехнических объектов Кыргызстана от природных и природнотехногенных катастроф. Путь к инновационной экономике, благополучной экологии. Под науч. рук. акад. Т.Койчуева. – Б.: Илим. 2017. – С. 190-216.

10. Ильясов А.Т. Сток и водный баланс речных бассейнов Киргизии. – Вып. 43 (58) (1969) Л., (Google; ксерокопия на 297 с.).
11. ПАТЕНТ 2140 KG Кыргызпатент / Т. Жумаев, К.Ч. Кожогулов, А.К. Орозбекова; А.Ш. Токтогулова. Устройство для защиты от селевых потоков. SU № 859531 А1, кл. E02В 3/02, 1981; заявл.20.04.2018; опубл.30.04.2019. Бюл. № 4. 1 н.п.ф., 3 ил.
12. Мониторинг и прогноз чрезвычайных ситуаций в пределах областей и районов Кыргызской Республики. Часть II. Глава 10. Город Бишкек. Pdf
<https://cloud.mail.ru/public/nApY/dHLYicVhP>. (дата обращения: 16.04.2023).
13. Берденников В.П. Физические характеристики льда заторов и зажоров // Труды ГГИ, 1965. – Вып. 129. – С. 19-43.
14. Берденников В. П. Методы расчета давления заторных и зажорных масс льда на сооружения // Труды ГГИ, 1967. – Вып. 148. – С. 3-28.
15. Берденников В.П. Модельные исследования механизма заторообразования для обоснования схемы ледозадержания на р. Днестре и определения ледовых нагрузок // Труды ГГИ, 1974. – Вып. 219. – С. 31-56.
16. Берденников В.П., Шматков В.А. Натурные и лабораторные исследования образования заторов льда // Труды IV гидрологического съезда, 1976. – Т. 6. – С. 361-370.
17. Бузин В.А. Зажоры и заторы на реках России. Санкт-Петербурге. 2016 ГГИ 2016. – 242 с.
18. Донченко Р. В. Методы расчета зажорных и заторных уровней воды на зарегулированных участках рек // Труды ГГИ, 1986. – Вып. 323. – С. 3-19.
19. Донченко Р. В. Ледовый режим рек СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 247 с.

- 20.Рымша В. А., Донченко Р. В. Метод расчета (прогноза) условий образования внутриводного льда // Труды ГГИ, 1962. – Вып. 93. – С. 52-67.
- 21.Рымша В. А., Донченко Р. В. Исследование и расчеты замерзания рек и водохранилищ // Труды ГГИ, 1965. – Вып. 129. – С. 3—19.
- 22.Проскуряков Б.В., Берденников В.П. Метод модельного исследования разрушения ледяного покрова // Труды ГГИ, 1972. – Вып. 192. – С. 7-23.
- 23.Проскуряков Б.В., Берденников В.П. Метод оценки мощности заторов льда на реках при использовании опорных кривых // Труды ГГИ, 1978. – Вып. 2001. – С. 38-54.
- 24.Проскуряков Б.В., Берденников В.П., Винников С.Д. Метод расчета ледяного затора торошения // Труды V гидрологического съезда, 1989. – Т. 7. – С. 53-61.
- 25.Чижов А. Н. К вопросу об исследовании шуговых явлений на горных реках // Труды ГГИ, 1958. – Вып. 65. – С. 84-99.
- 26.Чижов А. Н. Особенности зажорообразования на горных реках // Труды ГГИ, 1972. – Вып. 192. – С. 44-52.
- 27.Чижов А.Н. О механизме формирования заторов льда и их типизация // Труды ГГИ, 1975. – Вып. 227. – С. 3-17.
- 28.Чижов А.Н. Формирование ледяного покрова и пространственное распределение его толщины. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 127 с.
- 29.Методические указания по борьбе с заторами и зажорами льда. – Л.: Энергия, 1969, ВСН-028-70. – 151 с.
- 30.Токтогулова А.Ш. Общность образования и ущерба от селевых потоков и заторов льда на реках, а также методы исследований и борьбы с ними // Вестник КРСУ. – Б.: КРСУ, 2022. –Т. 22. № 12. – С. 131-135.

31. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения проектирования. СНиП 2.01.15-90. – М., 1991. – 32 с.
32. Хмельник С.И. Существование глобального решения уравнений Навье-Стокса для сжимаемой жидкости. «Доклады независимых авторов», изд. «DNA», Россия-Израиль
33. Способ создания селезащитного сооружения. Инновационный патент Республики Казахстан KZ A429624 кл. E02 B3/02 (2006.01)
34. Кожантов У.О. Геомеханическое обоснование параметров горных работ по сооружению селезащитных котлованов. – Алма-Ата, 1990. – 83 с.
35. Байнатов Ж.Б. Конструкции селезащитных сооружений и методы их расчета. Аналитический обзор. – Алма-Ата, 1991. – 159 с.
36. Бузин В.А., Дьяченко Н.Ю. Прогноз внутриводного ледообразования и зажоров льда на реке Нева // Метеорология и гидрология, 2011, № 11. – С. 94-101.
37. Вартазаров С.Я. Внутриводный лед на горных реках // Труды сектора энергетики АН ГрузССР, 1941, №1. – С.43-50.
38. Донченко Р. В. Модель процесса замерзания рек // Труды ГГИ, 1980. – Вып. 270. – С. 3-11.
39. <https://weather.rambler.ru/v-bishkeke/09-january/> (дата просмотра 04.02.2023 г.)
40. <https://weather.rambler.ru/v-bishkeke/10-january/> (дата просмотра 04.02.2023 г.)
41. <https://weather.rambler.ru/v-bishkeke/11-january/> (дата просмотра 04.02.2023 г.)
42. <https://weather.rambler.ru/v-bishkeke/12-january/> (дата просмотра 04.02.2023 г.)
43. <https://weather.rambler.ru/v-bishkeke/13-january/> (дата просмотра 04.02.2023 г.)

44. <https://weather.rambler.ru/v-bishkeke/14-january/>(дата просмотра 04.02.2023 г.)
45. <https://weather.rambler.ru/v-bishkeke/15-january/>(дата просмотра 04.02.2023 г.)
46. <https://weather.rambler.ru/v-bishkeke/16-january/>(дата просмотра 04.02.2023 г.)
47. <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=38353&month=1&year=2018>
(дата просмотра 04.02.2023 г.)
48. Чугаев Р.Р. Гидравлика (Теническая механика жидкости). – Л.: Энергия. Ленинградское отделение, 1975. – 600 с., с ил.
49. Нежиховский Р.А. Коэффициенты шероховатости нижней поверхности шуголедяного покрова // Труды ГГИ, 1964. – Вып. 110. – С. 54-85.
50. Уравнение Эйлера. Системы дифференциальных уравнений для идеальной жидкости <https://studfile.net/preview/5663303/page:10/>
(дата 05.12.2022 г.; 05.09.2023 г.)
51. Попов Е.Г. Заторы льда и проблема борьбы с ними // Метеорология и гидрология, 1968, № 8. – С. 45-47.
52. Рекомендации по расчету зажорных явлений в нижних бьефах ГЭС. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 31 с.
53. Гидротехнические сооружения / Н. П. Розанов, Я. В. Бочкарев, В. С. Лапшенков и др. под ред. Н. П. Розанова. – М.: Агропромиздат, 1985. – 432 с.
54. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. – М.: Наука. 1986.
55. Синотин В.И. О гидравлическом расчете потока в период движения в нем льда // Метеорология и гидрология, 1967, № 9. – С. 70-78.
56. Синотин В.И. Заторообразовательные процессы и их регулирование в целях борьбы с наводнениями // Гидротехническое строительство, 1972, № 8. – С. 22-28.

57. Донченко Р. В. Физические свойства внутриводного льда (шуги) // Труды ГГИ, 1956. – Вып. 55. – С. 5-40.
58. Эглит М.Э. Лекции по основам механики сплошных сред. Изд. 2-е, – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 208 с.
59. Серов Л.И. Механика сплошной среды.– Т.1.– М.: Наука,1970. – С. 492.
60. Шуляковский Л.Г. О заторах льда и заторных уровнях воды при вскрытии рек. – Метеорология и гидрология, 1951, № 7. – С. 45-49.
61. Серов Л.И. Механика сплошной среды.– Т.2. – М.: Наука,1970. – С. 568.
62. Мазо А.Б. Гидравлика: Пособие для студентов нематематических факультетов /А.Б. Мазо, К.А. Поташев. – Казан. Ун-т, 1913. – 2-е изд. вып. –128 с.
63. Донченко Р. В. Физические свойства внутриводного льда (шуги) // Труды ГГИ, 1956. – Вып. 55. – С. 5-40.
64. Донченко Р.В., Филиппов А. М Баюсова М. И., Чачина Н. С. Исследования и расчеты интенсивности шугообразования и зажорных явлений на 180 зарегулированных участках ре. // Труды IV Всесоюз. гидрол. съезда. –Л., 1976. – Т. 6. – С. 351-360.
65. Берденников В. П. Расчет некоторых элементов зажоров на реках Ангаре и Енисее // Труды ГГИ, 1958. – Вып. 65. – С. 100-121.
66. Берденников В.П. Динамические условия образования заторов льда на реках // Труды ГГИ, 1964. – Вып. 110. – С. 3-11.
67. Берденников В.П. Физические характеристики льда заторов и зажоров // Труды ГГИ, 1965. – Вып. 129. – С. 19-43.
68. Берденников В. П. Методы расчета давления заторных и зажорных масс льда на сооружения // Труды ГГИ, 1967. – Вып. 148. – С. 3-28.
69. Берденников В.П. Модельные исследования механизма заторообразования для обоснования схемы ледозадержания на р.

- Днестре и определения ледовых нагрузок // Труды ГГИ, 1974. – Вып. 219. – С. 31-56.
70. Берденников В.П., Шматков В.А. Натурные и лабораторные исследования образования заторов льда // Труды IV гидрологического съезда, 1976. – Т. 6. – С. 361-370.
71. Бузин В.А. Результаты расчета зажоров в состоянии равновесия // Труды ГГИ, 1989. – Вып.345. – С.54-62.
72. Бузин В.А. Методы прогнозов заторных и зажорных явлений // Труды V гидрологического съезда, 1989. – Т. 7. – С. 312-319.
73. Бузин В.А. Результаты расчета параметров теоретических моделей заторов льда по данным гидрометрических наблюдений // Труды ГГИ, 1991. – Вып. 354. – С. 3-11.
74. Бузин В.А., Болотников Г.И., Филиппов А.М. Методы изучения, расчета и прогноза заторов и зажоров // Сб.: Проблемы современной гидрологии, – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – С. 220-231.
75. Бузин В.А. Исследования в области расчетов заторных уровней воды // Метеорология и гидрология, 1989, № 3. – С. 95-101.
76. Мишель Б. Критерий гидродинамической устойчивости фронтальной кромки ледяного покрова // Труды XI конгресса МАГИ,– Л., 1965. – Т. 5. – С. 69- 70.
77. Добронравов В. В., Никитин Н. Н. Курс теоретической механики – М.: Высш. школа, 1983. – 575 с., ил.
78. Караушев А. В. Речная гидравлика. Курс общей и специальной гидравлики для гидрологов. –Л. 1969. – 417 с.
79. Спицын И.П., Соколова В.А. Общая и речная гидравлика. – Л.: Гидрометеиздат, 1990.– 358 с.
80. Дербенев М.В. Математическое моделирование чрезвычайных экологических ситуаций, вызванных ледовыми заторами на реках. Диссертация на соиск. – М. 2006.
81. Болдаков Е.В. Жизнь рек. – М.: Гостехиздат, 1953. – 64 с.

82. Уравнения Новье Стокса. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 17.10.2022).
83. Патент 2141 KG Кыргызпатент, / Т. Жумаев, К.Ч. Кожогулов, Г. Дж. Кабаева; А. К. Орозбекова; А.Ш. Токтогулова; Сооружение для предотвращения заторообразований на реке. SU № 1313948 A1, кл. E02B 15/02, 1987; заял. 20.04.2018; опубл.30.04.2019. Бюл. № 4. 1н.п.ф., 7 ил.
84. Аюпов В.В. Математическое моделирование технических систем: Учебное пособие. – Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2017. – 242 с.
85. Рабинович Е.З. Гидравлика. – М., «Гос. изд. ф-м. л», 1961. – С.408.
86. Токтогулова А.Ш. Методы борьбы с возникновением заторов и зажоров на реках Ала-Арча и Аламедин в черте города Бишкек // Известия вузов Кыргызстана. - 2021. - № 6. – Б.: – С. 12–17.
87. Патент 2250 KG Кыргызпатент / Т. Жумаев, К.Ч. Кожогулов, Г. Дж. Кабаева; А.Ш. Токтогулова. Гидротехническое сооружение для предотвращения заторообразований на реке. № 2021, кл. E02B 15/02, 1987; заял.15.05.2020; опубл.15.06.2021. Бюл. № 6/1. 1н.п.ф., 8 ил.
88. Токтогулова А.Ш. Гидротехническое сооружение для предотвращения образования ледяных заторов на реках Кыргызстана [Текст] / А.Ш.Токтогулова, И.А. Абдурасулов, Т.З. Масалбеков // XVI Международная научно-техническая конференция, посвященная памяти академика РАН С.В. Яковлева (г.Москва, 15 марта 2021г.). – С.220-233.
89. Токтогулова А.Ш. Методика исследования режимов течения потока воды реки на экспериментальном макете гидротехнического сооружения [Текст] / А.Ш.Токтогулова, Т. Жумаев // Вестник КРСУ.2023. –Том 23. №4. – С.131-136.
90. Токтогулова А. Ш. Математическое моделирование физического процесса в гидротехническом сооружении [Текст] / А.Ш.

Токтогулова, Г. Дж. Кабаева, Т.Жумаев // Вестник КРСУ. 2023. – Т. 23. №4. – С. 137-152.

91.Токтогулова А.Ш. Математическое моделирование формирования шаровидной шуги на реке Ала-Арча [Текст] / А.Ш.Токтогулова, Г.Дж. Кабаева, Т. Жумаев // Вестник КРСУ.2023. – Том 23. № 8. – С. 106 -110.

92.Токтогулова А.Ш. Исследование процесса формирования “головы и тела затора” между водосооружением и водопадом на участке русле реки Ала-Арча [Текст] / А.Ш. Токтогулова, Г.Дж. Кабаева, Т. Жумаев // Вестник КРСУ. 2023. – Т. 23 №8. – С.111-118.