

КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. И.РАЗЗАКОВА

КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Б.ЕЛЬЦИНА

Диссертационный совет Д 01.25.711

На правах рукописи
УДК: 532.546

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:
доктор физико-математических наук,
профессор Кабаева Г. Дж.

Бишкек – 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	10
1.1. Обзор гидродинамических характеристик рек Аламедин и Ала-Арча в г. Бишкек	10
1.2. О формировании селевых потоков и заторов льда на реке Ала-Арча.....	20
1.3. Выводы по главе	34
Глава 2. МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	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 моделирования процессов формирования заторов льда на реках	50
2.5. Выводы по главе	57
Глава 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ ШУГОСОДЕРЖАЩЕГО ТИПА	61
3.1. Основные уравнения динамики шугасодержащих селевых потоков ...	61
3.2. Численные расчеты динамики шугасодержащего селевого потока	64
3.3. Выводы по главе	67
Глава 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ИХ РЕЗУЛЬТАТОВ ПО ВНЕДРЕНИЮ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ, ПРЕДОТВРАЩАЮЩЕГО ФОРМИРОВАНИЕ ЗАТОРОВ ЛЬДА НА РЕКЕ АЛА-АРЧА	70
4.1. Экспериментальное исследование процесса закупорки шугасодержащим потоком воды на водораспределительном сооружении в русле реки Ала-Арча	70

4.2. Физические методы моделирования процесса формирования шугасо- держущего потока и формирования затора льда на русле реки Ала-Арча	74
4.3. Методы и средства защиты от формирования заторов льда на реках ...	84
4.4. Модернизация водораспределительного сооружения для предотвра- щения формирования заторов льда на реках	88
4.5. Разработка конструкции модернизированного гидротехнического сооружения, предотвращающего формирования заторов	93
4.6. Выводы по главе	97
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	99
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	100
ПРИЛОЖЕНИЯ	108

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы диссертации. На территории Кыргызстана широко распространены такие природно-техногенные явления: заторы на реках и шугасодержащие селевые потоки, которые приводят к одному, всем широко известному и опасному явлению – наводнению.

В последние годы мы становимся свидетелями таких явлений, проявляющихся в зимний период после сильных снегопадов на фоне резкого потепления, присуще климату Кыргызстана и на реках образуются зажоры и заторы льда.

Яркие примеры этого явления имели место зимой 2012-2013 и 2017-2018 годы, и повторились зимой 2022-2023 годах на р. Ала-Арча, с водораспределительным сооружением (ВРС) на ул. Скрябина в г. Бишкек, особенно под мостами и ряде участков. Эти физические процессы приводят к последствиям шугасодержащих селевых потоков.

По оценкам МЧС КР участок на реке Ала-Арча с ВРС, относится к затороформирующим препятствиям первой группы. Ликвидация последствий повторяющихся явлений и уход за рекой людьми с техникой на дежурстве длительное время, сутками в морозные дни за рекой, в ожиданиях угрозы по реку, очевидно стоит намного дороже, чем затраты на защитные мероприятий. Поэтому эта тема актуально как научная работа, с поиском способов и устройств защиты от селевых потоков и заторов льда на реках.

Исследованием этих явлений занимались многие ученые за рубежом и отечественные. Из них В.Ф. Перов, Н.Л. Белая, В.П. Берденников, В.А. Бузин, В. А. Рымша, а также кыргызские ученые К.Ч. Кожогулов, Б.И. Бийбосунов, Г.И. Логинов, А.И. Бийбосунов, И.А. Абдурасулов и многие.

Связь темы диссертации с приоритетными научным направлениями, крупными научными программами (проектами), основными научно-исследовательскими работами, проводимыми образовательными

и научными учреждениями и с государственными и международными программами. Тема имеет прямую связь со Стратегией развития Государственной системы Гражданской защиты и снижения риска бедствий Кыргызской Республики до 2040 года.

Работа является инициативной.

Цель и задачи исследования. Цель исследования заключается в разработке математической модели динамики шугасодержащих селевых потоков, методов и средств защиты от заторов.

Поставленная цель достигнута решением в диссертации следующих **задач:**

1. Анализ теоретических и экспериментальных научных исследований в этой области.
2. Разработка механико-математической модели, представляющей движение шугасодержащего селевого потока, в виде двухфазного течения.
3. Численное решение сформулированной модели динамики шугасодержащего селевого потока.
4. Разработка практических рекомендаций по защите от последствий исследуемых явлений.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Исследован процесс формирования шугасодержащего селевого потока на примере русла р. Ала-Арча.
2. Впервые предложена двухфазная математическая модель, где в виде несущей жидкой фазы является вода, твердой фазой является шуга, которая описывает динамику шугасодержащего селевого потока.
3. Предложен новый метод начального управления движением так называемого языка шугасодержащего селевого потока с помощью установленных ограничителей отвода мутной субстанции от защищаемого объекта по течению вдоль потока.

4. Разработаны устройства, позволяющие решить задачу защиты от формирования заторов льда на реках и шугасодержащих селевых потоков с наносами, на которые получены патенты на изобретения.

Практическая значимость полученных результатов.

1. Получена математическая модель двухфазного шугасодержащего селевого потока, решение которой позволяет получить практические результаты для предотвращения наносов у ГТС.

2. Результаты исследований формирования и течения шугасодержащего селевого потока позволили получить патент за № 2040 в 2019 г. на изобретение «Устройство для защиты от селевых потоков».

3. Для предотвращения формирования заторов на реках, предложен способ и устройство для отвода воды из-под льда с обеспечением неподвижности всего объема зазорного накопления на русле реки. На это получены патенты за № 2041 в 2019 г. на изобретение «Сооружение для предотвращения заторообразований на реке».

4. Для ликвидации стихийно поступающих с верхней зоны по руслу реки шугасодержащего селевого потока в бассейн до сооружения, получены патенты за № 2250 в 2021 г. на изобретение «Гидротехническое сооружение для предотвращения заторообразований на реке».

5. Разработана рекомендация для МЧС КР по внедрению гидротехнического сооружения, предотвращающего формирование заторов льда на реке Ала-Арча и разработан проект модернизации водораспределительного сооружения и участок, где после внедрения проекта будут минимизированы зазоры у ГТС.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Разработанная двухфазная математическая модель динамики шугасодержащего селевого потока.

2. Численное решение двухфазной модели шугасодержащего селевого потока.

3. Модернизации русла р. Ала-Арча, с целью предотвращения заторов из шугасодержащего селевого потока опасных участках реки.

4. Предложения по внедрению ГТС, предотвращающего формирование заторов на р. Ала-Арча

Личный вклад соискателя. Диссертация является результатом самостоятельных исследований, выполненных автором. Личный вклад автора состоит в выборе методов достижения поставленной цели, проведении исследований, анализе полученных результатов и формулировке выводов.

Апробация работы. Полученные в ходе выполнения исследований данной диссертационной работы результаты докладывались на следующих международных, республиканских конференциях и семинарах. Основные положения диссертационной работы опубликованы и докладывались: одна работа опубликована в журнале РИНЦ на XVI Международной научно-технической конференции, посвященной памяти академика РАН С.В. Яковлева (г. Москва, 15 марта 2021 г.); одна работа докладывалась в рамках проходившей Первой Евразийской конференции «Инновации в минимизации природных и технологических рисков» с 22 по 24 мая 2019 года, в г. Баку, Азербайджан; один доклад опубликован в «Сборник тезисов», доклад на Международной научной конференции «Актуальные проблемы и инновации в науке и образовании» посвященной 70-летию ученого-педагога, доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента НАН КР Султаналиевой Р.М. (Бишкек, 2023 г.).

Полнота отражения результатов диссертации в публикации:

Основные результаты исследований по диссертационной работе опубликованы в 7 научных статьях, в том числе получены 3 патента КР на изобретения.

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

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка использованной литературы, изложена на 121 страницах машинописного текста, содержит 1 таблицу, 6 графиков, 38 рисунков, списка использованных источников из 94 наименований и 5 приложений.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Литературный обзор о селевых потоках и заторов льда на реках охвачены с раннего периода расцветания могущественного и единого многонационального государства СССР.

Изучением селевых потоков занимался ученые ближнего зарубежья и отечественные. Из числа Российского ученого, В.Ф. Перов и изложил в качестве учебного пособия «Селеведение», а также другие авторы, в их числе: М.П. Псарев, Н.Л. Белов К.А. Михайлович другие. Из числа отечественных имеют труды А.Т. Ильясов, К.Ч. Кожогулов, Г.И. Логинов, А.И. Бийбосунов и другие ученые.

Изучением природного явления - заторов льда на реках главным образом занимались специалисты МЧС КР [12] по Кыргызстан 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. Их трудах посвящены далее, после посвящения обзора о гидродинамических характеристик рек Аламедин и Ала-арча в г. Бишкек.

1.1. Обзор гидродинамических характеристик рек Аламедин и Ала-Арча в г. Бишкек

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

Эти р. 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 озёр [2, 12].

В бассейне р. 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 р. Ала-Арча, где находится 16 высокогорных прорывоопасных озёр, 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-Көл, Орто-Көл, Эски-Көл, Бийик-Көл, Жаны-Көл, Кумдуу-Көл, Тайыз-Көл, 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 (рисунки 1.1.1 и 1.1.2), особенно при паводках, и вода выходит за пределы русла, затапливая прибрежные участки. Количество таких участков зависит от причин формирования паводков [2, 12].

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.



Рисунок 1.1.1. Водораспределительное сооружение на р. Ала-Арча. Подпор летом



Рисунок 1.1.2. Водораспределительное сооружение на р. Ала-Арча. Затор зимой

Река Ала-Арча имеет снежно-ледовое питание. Её многолетний среднегодовой расход составляет $4,17 \text{ м}^3/\text{с}$ (1970-2015гг.). 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 р. образуются так называемые «водноледяные селевые потоки», угрожающие затоплением её прибрежных участков на территории города Бишкек [2, 12].

Основной причиной их формирования является образование на р. Ала-Арча мощных наледей (толщиной $0.7-1.5 \text{ м}$), состоящих из тонких прослоев воды и льда. В результате русло и, в значительной мере, пойма р. заполняются водноледяными образованиями, объем которых, может достигать $40-50 \text{ тыс. м}^3$ (рисунок 1.1.3).

Формирование наледи на р. 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].



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

Рисунок 1.1.4 - Формирование наледи на р. Ала-Арча. Начинается с образования ледяных перемычек между берегами

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 водопрopusкная 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].

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.



Рисунок 1.1.5 - Скопление шуги в русле р. Ала-Арча перед шлюзами водораспределителя по ул. Скрыбина и Малдыбаева

Остановка движения слоя воды, в результате замерзания его фронтальной зоны, приводит к дальнейшему увеличению уровня воды в р. 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 р. заполняются водно-ледяными образованиями, которые крайне неустойчивы к воздействию внешних и внутренних сил. Если прочность одного из водно-ледяных образований окажется меньше разрушающих сил, происходит его разрушение. Образующийся при этом относительно небольшой водно-ледяной вал накатывается на нижерасположенное водно-ледяное образование и разрушает его и т.д., при этом размеры вала лавинообразно увеличиваются [2, 12].

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

Для того чтобы определить особенности условий формирования «водно-ледовых селевых потоков» в долине р. Ала-Арча было проведено сравнение

долин рек Ала-Арча и Аламедин, в пределах города Бишкек. В русле р. Аламедин почти не бывает «водно-ледовых селевых потоков». Поэтому результаты этого сравнения позволили определить факторы, способствующие формированию таких потоков по р. Ала-Арча.



Рисунок 1.1.6 - Ступенеобразная форма русла р. Ала-Арча крайне благоприятна для «водно-ледяных селей» увеличения расхода



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

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

2. Расход р. Аламедин в зимние месяцы составляет 1,57-2,12 м³/с (по данным гидрометеостанции Чонкурчак), а р. Ала-Арча 1,31-1,65 м³/с (по данным метеостанции Байтик) [2, 12].

3. На р. Ала-Арча порогов для уменьшения скорости паводков устроено значительно больше, чем на р. 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 «водно-ледниковых 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 (автомобильные мосты 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 р. 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 р.

покрова льда и зажорные корки, которые с потеплением атмосферы были подняты водой из-под льда на плаву по участкам, где дно русла р. 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 автомостов: 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

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.



Рисунок 1.1.10 - Участок затопления на пересечении с улицей Саманчина

Такие условия складываются в 0,15 км выше пересечения с улицей Ахунбаева (рисунок 1.1.13), на пересечении с улицей Малдыбаева, в 0,1 - 0,3 км выше железнодорожного моста (рисунок 1.1.14), 0,81 км выше пересечения с каналом БЧК (рисунок 1.1.15) [2, 12].



Рисунок 1.1.11 - Участок затопления выше автомоста по улице Рыскулова

На основе наблюдений, проведенных по ледовым перемычкам и водно-ледовым селевым потокам р. Ала-Арча на территории города Бишкек, можно заключить, что ледовые перемычки образуются после формирования на р. Ала-Арча мощных (1-1,5 м) наледей, появление которых обуславливают

холодные периоды, продолжительностью 7-10 и более дней, с температурой воздуха 10-15 °С ниже нуля.



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

При этом большая часть стока р. Ала-Арча идет на формирование водно-ледяных образований в виде ледяного покрова вдоль русла р., 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 ул. Ахунбаева

Так если при входе на территорию города Бишкек (у села Заречного) 12.12.2014 г. расход р. Ала-Арча составлял 2,6 м³/с, то у водосброса под БЧК

он уменьшился до 0.3 м³/с, т.е. в 8,7 меньше. Следовательно, более 89% речного стока уходит на формирование водно-ледяных образований [2].



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

Разрушение водно-ледяных образований, формирование шуги, ледовых заторов и водно-ледниковых селевых потоков происходит в первые дни после начала зимней оттепели, особенно активно водно-ледовые процессы протекают, если оттепель сопровождается дождем. В 2016 году произошло формирование водно-ледниковых 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 р. Ала-Арча и Аламедин, протекающей по территории г. Бишкек, в рамках данной научной работы. В этих описаниях, изложенный термин «водно-ледяных образований», есть «рыхлый лёд», иначе как «зажор», состоящие из накопленной шуги.

1.2. О формировании селевых потоков и заторов льда на р. Ала-Арча

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, Орозобекова А.К. [8], К.Ч. Кожогулов [9], А.Т. Ильясов [10] и А.И. Бийбосунов и другие ученые.

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

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 водо-каменного 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:

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

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 водогазикаменный 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 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.

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 р. является причиной серьёзных ледовых затруднений. В российских глубоководных реках вопрос защиты от заторов льда решается с отводом ледохода и шугахода 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:

$$Q_в = v_{cp} \cdot S \quad \text{и} \quad Q_л = k \cdot v_{нов.ср} \cdot B \cdot h_л, \quad (1.2.3)$$

где $Q_в$ – водопропускная способность русла; $Q_л$ – ледопропускная способность русла; B – ширина русла; v_{cp} – средняя скорость водяного потока в русле p ; $v_{нов.ср}$ – средняя по ширине русла поверхностная скорость потока; $h_л$ – толщина льда; k – коэффициент, зависящий от формы русла, для прямоугольной $k = 0,9$, для других $k = 0,8$. Далее поясняется, что в указанном простейшем случае беззатонный пропуск некоторого постоянного расхода льда теоретически возможен при условии, что

$$Q_л = k \cdot v_{нов.ср} \cdot B \cdot h_л = const \quad (1.2.4)$$

по всей длине рассматриваемого участка русла p .

Отличительной особенностью процесса замерзания шуганосных 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 $\theta_в$ через 0°C ($\theta_в < 0^\circ\text{C}$), 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 переохладение 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 достигает $-0,05 \dots -0,08^\circ\text{C}$ [17, с. 11].

Скопления внутриводного льда в виде комьев на поверхности или в толще речной поток образуют шугу. Шугаход – движение шуги по реке. Вместе с шугой по р. может транспортироваться битый лёд от заберегов и снежура – выпавший в воду снег [17, с.13]. Процесс замерзания р. завершается ледоставом – образованием сплошного ледяного покрова, способного оказать сопротивление воздействию подлёдного потока. Некоторые участки р. могут в течение долгого времени, иногда в течение всей зимы, не замерзать. Незамерзающие участки р. – 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 $v_{кр}$, 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 шугаобразования В. П. Берденниковым [13-16] была установлена зависимость для расчета начальной толщины шугаледяного покрова

$$t_n = \frac{0,5\rho \cdot I \cdot h}{\tau + \eta \frac{dv}{dL}}, \quad (1.2.5)$$

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 $v = 0$):

$$t_n = 1,77v^2 \frac{B}{C^2}, \quad (1.2.6)$$

где C – коэффициент Шези. При наличии заберегов в зависимости (1-6) вместо B следует использовать ширину водного потока между заберегами.

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

$$t_n = \frac{v_n^2 + 0,2}{-0,5\theta}, \quad (1.2.7)$$

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

$$F_r = \frac{F_{ин.}}{G} = \frac{m \cdot a}{m \cdot g} = \frac{v}{t \cdot g} = \frac{v}{\frac{h}{v} \cdot g} = \frac{v^2}{gh}, \quad (1.2.8)$$

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

$$Fr_{кр} = 0,023(1 - \varepsilon) \quad (1.2.9)$$

где ε – пористость шуговых ковров, которая изменяется в зависимости от температуры воздуха (табл. 1.2.1).

Таблица 1.2.1

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

$$F_r \geq 0,035 \frac{l}{h}, \quad (1.2.10)$$

где l – длина льдины (м) [17, с.18].

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

$$I \leq gC^2 Fr_{кр} \quad (1.2.11)$$

(C – коэффициент Шези) [17, с.18].

Скорость перемещения кромки ледяного покрова

$$v_{кр} = \frac{G_l}{\gamma_l t_l B}, \quad (1.2.12)$$

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 р. 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 р., 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 ...-10 °С). Наиболее благоприятная для зажорообразования скорость течения воды 0,5-1,6 м/с. При скорости течения меньше 0,5 м/с р. 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. 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.

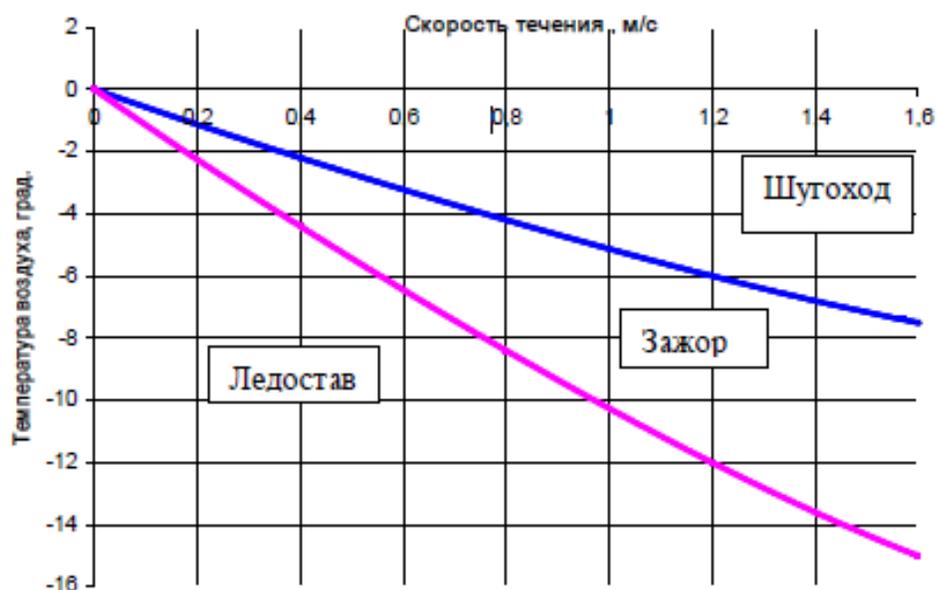


Рисунок 1.2.1. Иллюстрация соотношений температуры воздуха и скорости течения воды в период замерзания р. [17, с. 21, рис. 1.1]

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 не сплошного ледяного покрова при замерзании р. 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 р. быстро, без зажоров, даже если расход воды и влекущее усилие водного потока большие [17, с. 21, рис. 1.1]. На р. 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 р., 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 научных диссертационных работ выполненных с применением математического моделирования (ММ), например работа [81]. Однако тут рассматривались (ММ) заторообразования из разрушенного льда на глубоководной р. России, что разный физический процесс, как шугаход.

Научно-литературный обзор дал одно обстоятельного понимания о том, что тут все работы рассматривались для российских глубоко водных рек, где вскрываются покрыва 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 р. Ала-Арча в суровые зимы заторы ликвидируются техникой удалением материалы затора с пути потока и ручными выскритием потока воды под забором. Натурным исследованием р. Ала-Арча и Аламедин в черте г. Бишкек, установлены, что заторы льда на р. Аламедин не обнаружены, а в главном заторы из зазора имеет место на р. Ала-Арча. Причины отсутствия заторы льда на р. Аламедин, это, там русла р. глубокие, дно узкие и вогнутые. Однако основополагающими научными литературами из множества просмотренных и изученных, благодаря наличием доступ круглосуточно интернета.

1.3. 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 р. Аламедин и Ала-Арча, которые изложены по источникам [2, 12], здесь следует отметить, о том, что там часто повторяющиеся внесённые составителями две слова: «водно-ледяных 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 $\rho_{\text{л}} = 0,815 - 0,919,4 \text{ кг/м}^3$, при морозе на атмосфере, -15°C , в общем случае плотность ледяной заторной массы $\rho_{\text{л}} < 1$, поэтому в воде они перемешаются на плаву, а плотность материалы селевого потока $\rho_{\text{сп}} > 1$, или плотность селевой смеси лежит в диапазоне $\rho_{\text{сп}} = 1100 - 2500 \text{ кг/м}^3$ и перемещаются по поверхности грунта или по дне р.. 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 патента на изобретение [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 р. Ала-Арча доступна для натурного 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 с 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 написаны второй и третьи главы настоящей работы. Установлены, что все материалы работ были посвящены крупным российским рекам, где защиты от заторов р. решаются путём, сперва выполнив разрушения покрытия льда и зажорного покрова, затем их отводят по р., в виде ледоход и шуга ход.

ГЛАВА 2. МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

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 зазора из материала шуги, в шаровидной форме, приводящих к зазорной 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 – зазоры 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 сопровождалась наблюдениями и измерением скорости и расхода потока воды, изучением режимов движений речных вод р. Ала-Арча.



Рисунок 2.1.1 – Вид на заторы в русле реки Ала-Арча, сформированные из зазорных 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 зажор 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 прекращен

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 определении предметы его исследования. Заторы 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 зажора, образовавшийся после крепкого мороза в воздухе в 28 января 2018 года, на мосту автомагистрали по ул. Льва Толстого, через реку Ала-Арча. Здесь зажорные 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 зажоры, 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 зажором пробил 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 проделанный 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 тротуаров 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 тротуары 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 зазорные заторы ликвидируются техникой и людьми.



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

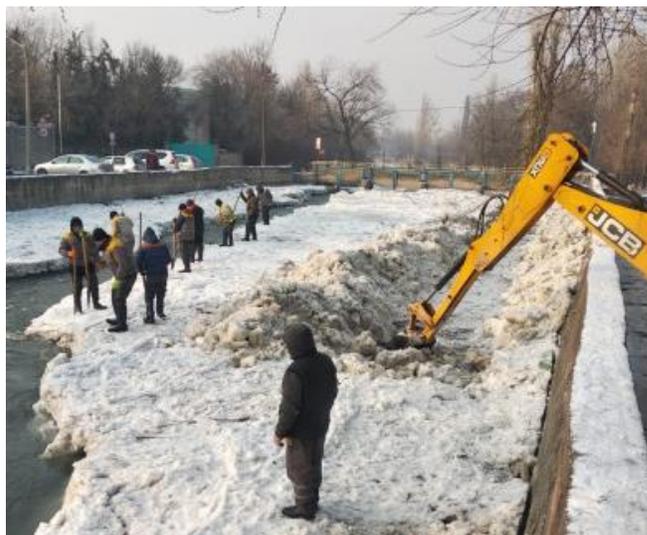


Рисунок 2.1.4 - Вид на отвод воды из-под зазорного покрова на участке до сооружения, снимка 13 января 2023 года

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 зазорным покровам, чтобы обеспечить текучесть зазорные 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 изучены 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, только путем очистки от них, с частичным вывозом из зоны затора.

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 сопровождалось 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 потока, 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 нарашиваясь и налипаясь на стойкам задвижки и быкам пешеходного моста уменьшаются живое сечения порога сооружения снизу вверх по высоте сооружения, на столько, что поток воды будет проходить по поверхности зажорного образо-



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

вания (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 смерзать 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 долине ул. Малдыбаева, когда были отведены воды на накопления в верхних бассейнах. Имея физический доступ с ошупом 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 руслу, и они были задержаны на островах в русле, на стойках моста пешеходов и на других препятствиях течения зажорные воды. Так выглядели на вид, как на островах и по берегам русла реки, они срашиваясь смёрзанием накапливаясь 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 загорной 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 сопровождалась фотосъемкой по месту в суровые зимние периоды и с водой и без воды в руслах реки Ала-Арча. В результате натурных исследований заторы на реке Аламедина нами обнаружены не были. Отсутствие заторов из зазора 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 зазора на реках, в работах [2:12] изложены как «водно-ледяных 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 ночное время, 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 24 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 ночное время, 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 с турбулентным режимом течения, полагаем, 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, в тот день температура воздуха снизились постепенно, начиная от -8°C , в 00,00 час ночи до -17°C . На графике в [41], где отмечен символично, как падает снег. Очевидно, при такой низкой температуре воздуха, лепестки снега от мороза подаются 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 служить необходимым материалом 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 $-8^{\circ}\text{C}-14^{\circ}\text{C}$ подходят 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 загорные 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 загорные и снежные массы в виде снежура постоянно уносились потоком в переохлажденной воде вниз за сооружением, в водопад, по ходу формируя загорные “головы” затора, где там 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 загоры в пути движения по руслу реки. Интенсивное формирование “головы” затора быстро растёт, заполняя пространство по руслу реки за водопадом, и далее переходит в формирования “тело” затора. За 5-6 часов, с расходом потока загорные воды, ориентировочно определенные, измерением живое сечение через 8 единицы порогов сооружений, суммарной шириной 16 метр, глубиной в среднем не более 0,16 метр, со скоростью течения не более 0,7 м/с, составил $Q = 1,8 \text{ м}^3/\text{с}$. Когда “тело” затора из загора перекрыли все пороги сооружения, и произошла 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 загорного накопления “тела” затора, с правого берега русла реки за сооружением с применением мощной техники с участием работников МЧС КР и «Бишкекводоканал».

Таким образом, в результате натуральных наблюдений установлены режимы формирования загорного затора на участке реки с сооружением. Как

выяснились, при температуре воздуха -19°C , после снегопада и последующего потепления происходит резкое размягчение зазора и снеговые покров 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 формируют “головы” и “тела” затора, которые закупоривают пороги сооружения, что в итоге приводит к накоплению воды с зазорами в бассейн, впоследствии происходит перелив воды с зазорами через берега русла реки и затапливают тротуары.

Путем сравнения натурального исследования и данных синоптики из интернета установили температурные режимы формирования шуги и зажоров, причины и следствия формирования заторов льда на русле реки Ала-Арча, которыми были формирования зазорной закупорки на все 8 порогов сооружения “телом” зазорного 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 зазорного

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 с минимальным уклоном дно реки в явном виде, где можно заметить результаты модернизации русла реки, проведённой 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 Матыева, вода течет из-под льда после водопада, и далее опять уходит под лёд в русло реки. Там что дно реки вогнутое и вода течет, журча подо льдом. На данном участке и выше упомянутого моста не происходят заторы льда из зазора зимой уже, с 2019 года. Этот участок повторно обследован в то время, когда не было корки льда на реке.

Проводя сравнения с морозным днем, январь месяц, 2018 года [47], с 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).

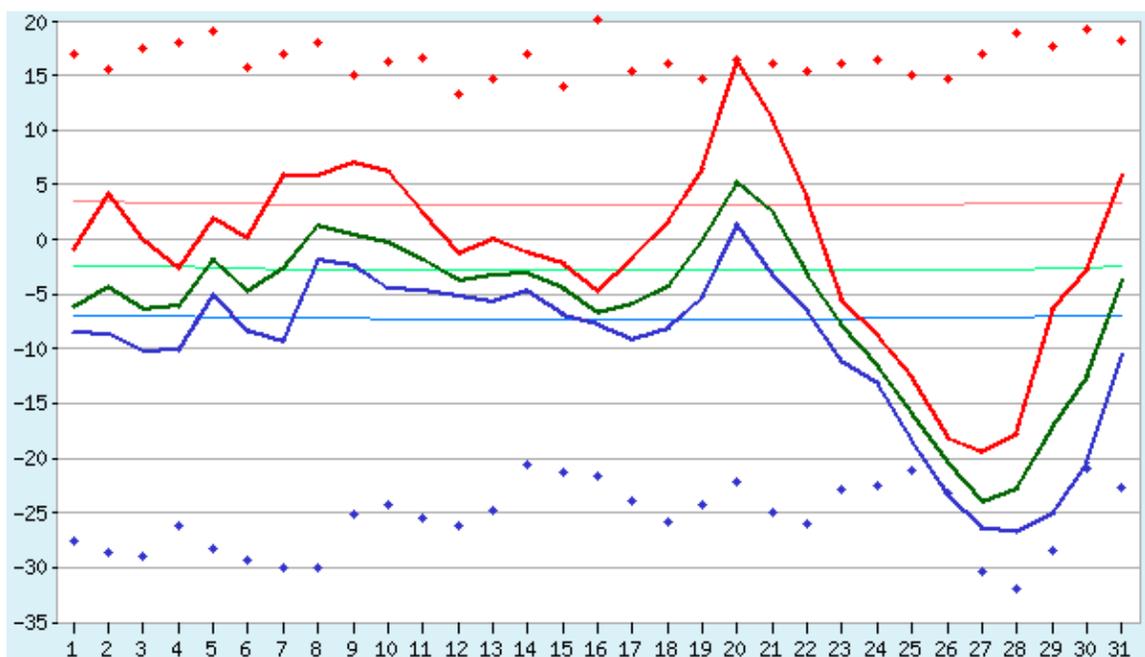


Рисунок 2.3.2 - Погода в г. Бишкеке за месяц январь 2018 года. Информация о погоде получена с метеорологической станции Бишкек [47]

На рисунке 2.3.2 указаны значения температуры воздуха за январь месяц 2018 года. **Синий цвет** графика представляет текущую, низкую температуры 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. Методика исследования методом математического моделирования 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 зажорного затора льда на реках, с препятствиями на пути движения, разработкой методов и устройств, предотвращающих формирования заторов льда реках.

В результате наблюдений проведённых во время ликвидации зажорных 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 зажорной 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 некрупная 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 через



Рисунка 2.4.1 - Пешеходный мост с водораспределительным сооружением на реке Ала-Арча, на участке ул. Скрыбина, после очищения от зажора ниже сооружения металлоконструкции сооружения частично видны зажорные и ледяные напльви, которые на вес фронт показанные внизу, на рисунке 2.4.2. Такие ледяные напльви 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 напльвы, 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 образованны 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 препятствий, 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 (рис. 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 рис. 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 два 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 заключаются в том, что путём активного отвода меженных 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 января 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, сопровождая 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 зазора. Зазор, 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 $p; v_x; v_y; v_z$:

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

Здесь задаётся пространственное поле скоростей, занятое движущейся жидкостью. Для того чтобы определить параметры $p; v_x; v_y; v_z$, необходимо четвертое 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

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{S_2}{S_1} = const \quad (2.4.4)$$

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, продолжаются 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 зажором, при формировании «головы» и «тело» затора, и при закупоркой порогов сооружения, с определением их потери напора, реально на данном участке реки.

Далее продолжить исследования движения зажорной речной воды по ж/б желобам и из-под льда талые воды по наклонным и сходящими 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 полноводия.

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 зажорами на малых реках наблюдением [87], разрабатываются гидротехнические сооружения [89], исключаящие 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.

2.5. 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 натурных 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 турбулентном режиме течения воды составят 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 надежный метод 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 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ ШУГОСОДЕРЖАЩЕГО ТИПА

3.1. Основные уравнения динамики шугасодержащих селевых потоков

Рассматривается модель механики сплошной среды в виде жидкости и твердой частицы, обладающие свойством непрерывности, а именно, распределения массы и легкой подвижности. Положив в основу такие свойства, установим основные уравнения динамики жидкости, а также физические области их применения при различных допущениях и упрощениях при исследовании динамики вязкой жидкости.

Уравнение состояния, которое устанавливает связь давления p , плотность ρ , температуры T рассматриваемой жидкости, и в общем виде записывается как $p = F(\rho, T)$, где T – абсолютная температура в данной точке.

Уравнение неразрывности в декартовых координатах имеет вид

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0 \quad (3.1.1)$$

Уравнение движения вязкой несжимаемой жидкости имеет вид

$$\begin{aligned} \rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) &= F_x - \frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) \\ \rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right) &= F_y - \frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) \\ \rho \left(\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) &= F_z - \frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) \end{aligned} \quad (3.1.2)$$

Для двухфазного течения, где жидкая фаза – вода, твердая фаза – шуга, указанные уравнения в двумерной постановке можно записать в виде:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho(u_{\text{ж}}+u_{\text{т}}))}{\partial x} + \frac{\partial(\rho(v_{\text{ж}}+v_{\text{т}}))}{\partial y} &= 0 \\ \rho \left(\frac{\partial(u_{\text{ж}} + u_{\text{т}})}{\partial t} + (u_{\text{ж}} + u_{\text{т}}) \frac{\partial(u_{\text{ж}} + u_{\text{т}})}{\partial x} + (v_{\text{ж}} + v_{\text{т}}) \frac{\partial(v_{\text{ж}} + v_{\text{т}})}{\partial y} \right) &= \end{aligned} \quad (3.1.3)$$

$$\begin{aligned}
&= F_x - \frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2(u_{\text{ж}}+u_{\text{т}})}{\partial x^2} + \frac{\partial^2(v_{\text{ж}}+v_{\text{т}})}{\partial y^2} \right) \quad (3.1.4) \\
\rho \left(\frac{\partial(v_{\text{ж}} + v_{\text{т}})}{\partial t} + (u_{\text{ж}} + u_{\text{т}}) \frac{\partial(u_{\text{ж}} + u_{\text{т}})}{\partial x} + (v_{\text{ж}} + v_{\text{т}}) \frac{\partial(v_{\text{ж}} + v_{\text{т}})}{\partial y} \right) = \\
&= F_y - \frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 u(u_{\text{ж}} + u_{\text{т}})}{\partial x^2} + \frac{\partial^2(v_{\text{ж}} + v_{\text{т}})}{\partial y^2} \right)
\end{aligned}$$

Таким образом, образуется исходная система уравнений для движения вязкой несжимаемой жидкости в трёхмерной постановке: уравнений неразрывности и уравнений движения вязкой несжимаемой жидкости.

Если массовые силы рассматривать как заданные, тогда остаются четыре неизвестные величины u , v , w , z и для их определения имеем четыре уравнения. Однако, необходимо отметить, что до настоящего времени вследствие больших математических трудностей не получено ни одного общего решения уравнений Навье-Стокса в их полном виде, т.е. с сохранением всех конвективных членов, учитывающих вязкость. Но вместе с тем, имеются некоторые частные решения. Например, для ламинарного течения в трубе или для течений в пограничном слое и эти частные решения столь хорошо совпадают с экспериментальными результатами, что вряд ли можно сомневаться с общей применимости уравнений Навье-Стокса.

При решении системы уравнений теории пограничного слоя для какой-нибудь конкретной задачи необходимо учесть начальные и граничные условия данной задачи. Начальные условия формируются для случая вязкой жидкости также, как и для случая идеальной жидкости. Они сводятся к тому, что если движение является неустановившимся, то для некоторого момента времени, принимаемого за начальный, задаются скорости, давление, температуры и плотности как функции координат. Существенные отличия от идеальной жидкости имеют место при формулировке граничных условий. В теории идеальной жидкости допускается, что жидкость скользит по поверхности обтекаемого тела с некоторой конечной относительной скоростью. Если же

твердое тело обтекается вязкой жидкостью, то по современным воззрениям и опытным данным, частицы жидкости прилипают к поверхности тела, и, следовательно, не только нормальные, но и касательные составляющие векторов скорости жидкости и тела должны быть одинаковыми в точках на поверхности тела.

Селевые потоки очень сложные явления, они классифицируются по различным признакам.

Селевые потоки – внезапные кратковременные горные потоки, обильно насыщенные рыхлообломочными горными породами и возникающие в определенных природных условиях во время ливневых дождей, при интенсивном таянии снега и льда или при прорыве завалов русел и плотин в долинах, где имеются большие запасы рыхлого материала. И они занимают промежуточное положение между обычным паводком с небольшим содержанием взвешенных наносов с одной стороны, и оползнями-течениями с другой стороны.

Таким образом, селевые потоки - это сложная гетерогенная система, состоящая из двух основных компонентов: жидкого (обычная вода) и твердого, весьма неоднородного по гранулометрическому составу. По особенностям физико-механических свойств, твердая составляющая селевых потоков подразделяется на два типа: крупнообломочные, размеры которых больше двух миллиметров в поперечнике и мелкозем, меньше двухмиллиметровых диаметров. Эта мелкоземлистая часть твердой составляющей селевых потоков можно подразделить на следующие четыре группы: глина; суглинок; супесь и песок.

Как отмечено выше, селевые потоки образуются из бассейнов водотоков (ручьев, речек и рек) и проходят следующие три зоны перемещения:

- 1) Зона формирования - это верхняя часть селевого процесса, где расположены основные очаги зарождения селей.

2) Зона транзита или процесс прохождения - это промежуточная часть селевого процесса, где происходит движение селевого потока, без существенных изменений в его составе и режиме. Однако в этой зоне в процессе движения может происходить некоторое изменение селевого потока за счет поступления воды на отдельных участках со склонов и из притоков.

3) Зона затухания или разгрузки - последний участок селевого потока, расположена на выходе из ущелий или из долины *крупной* реки, и она представлена в виде конусов выноса.

Как известно, в селевых процессах могут быть выражены не все зоны транзита, тогда селевой поток от зоны формирования *переходит* в зону разгрузки. А если селевой поток разгружается непосредственно в русло крупной реки, тогда будет отсутствовать зона затухания.

При изучении селевых процессов возникает необходимость их классификации. Селевые потоки, как сложные явления природы разделяются по различным признакам. Например, в основу классификаций селевых потоков заложены следующие признаки: геоморфологические и орографические особенности; гидрография и гидрология водотоков; источники водного питания; характер движения селевых потоков; генезис очагов зарождения селей; особенности геологического строения и по насыщенности рыхлообломочным материалом; повторяемостью селевых потоков, а также по интенсивности проявления экзогенных процессов. Кроме этих форм разделения имеется еще классификация по структурно-геологическим особенностям, по гранулометрическим составам твердой составляющей селевых потоков и по результатом воздействия селевых потоков на объекты народного хозяйства.

Вопросам классификации селевых процессов и очагов их зарождения посвящено большое количество научных работ исследователей, как из государств ближнего зарубежья, так и государств дальнего зарубежья.

Первая классификация по степени развития селевых процессов было предложено в 1848 году Сюррелем. Однако, его классификация не нашла практического применения, так как она не имела точной формулировкой и была не корректно изложена. В 1898 году Фрекс предложил классификацию по высоте зарождения селевых процессов. При этом он предложил две формы селевых потоков: а) высокие муры (сели), которые находятся выше растительности; б) низкие муры, очаги зарождения которых находятся ниже границы древесной растительности.

В 1947 году П.С. Непорожный и в 1952 году Д.Л. Соколовский предложили общие классификации по высоте расположения главных очагов зарождения селевых процессов. При этом они выделяют сели в трех видах:

- а) высокогорные - свыше 2500 метров;
- б) среднегорные - от 1000 до 2500 метров;
- в) предгорные - ниже 1000 метров.

Таким образом, разработкой классификации и описанием очагов зарождения селевых процессов занимались многие исследователи. Методика проведен: я детальных инженерно-геологических исследований должна обосновываться с учетом генезиса очагов зарождения селевых потоков. В этой связи необходимо привести всевозможные очаги зарождения, которые разработал А.И. Щеко. По его мнению, очаги зарождения селевых потоков бывают в следующих четырех формах:

1. Селевые потоки, связанные с выпадением большого количества жидких осадков или интенсивным снеготаянием, при этом происходит интенсивное скопление рыхлого материала в руслах водотоков. Очаги этой группы имеют широкое распространение в нашей республике. Например, селевой поток на территории Алайского района Ошской области.

2. Селевые потоки, вызванные подпруживанием горных рек. Они

происходят в результате прорыва современных завалов на реках, а также вызванные обвалами и оползнями, временно перекрывающие горные речные потоки. К этой категории очагов можно отнести наводнение на территории Сузака в Джалал-Абадской области. Следует отметить, что прорыв завальных озер или перелив воды через дамбы и плотины вызывает катастрофические паводки и селевые наводнения.

3. Селевые потоки, связанные с таянием ледников. Очаги этой группы являются также причиной катастрофических селевых потоков, однако они происходят очень редко на территории Кыргызстана, хотя часто встречаются различных регионах бывшего Союза. Здесь формирование жидкого компонента селевого потока происходит за счет таяния ледников и прорыва поверхностных и подземных водоемов.

4. Селевые потоки, связанные с деятельностью вулканов.

Существенным является классификация по гранулометрическому составу твердой фазы селевого процесса. По этому признаку селевые потоки подразделяются на грязевые, водно-каменные, грязеводные, воднопесчаные, водо-пылеватые, наносоводные, каменно-грязевые и другие. В зависимости от общей насыщенности, составом и содержанием твердых материалов грязеводные и грязекаменные (тоже самое каменно-грязевые) селевые потоки делятся на связные и несвязные.

Связные сели – это грязеводные потоки, где жидкая и твердая составляющие двигаются примерно с одинаковой скоростью. В несвязных селевых потоках скорость движения жидкой составляющей всегда больше скорости твердого / материала.

По гидрографическим особенностям селевые процессы разделяются на два типа селевых водотоков: а) простые, когда имеется одно селевое русло; б) сложные, когда кроме основного селевого водотока имеются селевые притоки.

По гидрологическим особенностям селевые процессы разделяются на первичные русла, горные русла, реки и речки. В добавлении этих классификаций особое значение имеет классификация по генезису зарождения селей.

Изучая теоретические и экспериментальные исследования по формированию селевых потоков, можно отметить еще две формы зарождения селевых потоков: эрозионный и оползневой.

При эрозионном характере зарождения селей высвобождение твердых частиц, движение с места и перенос осуществляется водой или суспензией. При этом, твердая фаза движется как во взвешенном, так и во влекомом состоянии. Их скорость зависит от размеров частиц. Мелкие частицы переносятся быстрее, чем крупные.

При оползневом характере зарождения селевых потоков первоначальное движение твердой фазы происходит в виде оползня- потоки без нарушения или слабым нарушением структуры. По мере дальнейшего движения смещенного массива и поступления воды со стороны, структура нарушается, и оползень- поток превращается в селевой поток. По мере разрушения структуры массива поток приобретает ламинарный характер, это означает, что оползневой вид движения переходит на другой вид движения - вязкопластический. Это явление является границей перехода оползня - потока в селевой поток. Имеется два вида зарождения селей за счет оползневого потока:

- а) движение рыхлообломочного материала, накопившегося в русле водотока;
- б) оползание части массива на склоне или в ложбинке.

Оба эти вида зарождения мало отличаются друг от друга. Результаты режимных наблюдений за селевыми процессами показали, что существует

характер изменения активности проявления селевых потоков во времени и их цикличности.

Некоторые специалисты предлагают системы, в которых события повторяются с одинаковыми значениями, подразделять на три группы: а) периодические; б) циклические; в) ритмические.

В периодических процессах идентичные состояния селевых процессов отделяются равными интервалами времени. Под циклическим развитием понимается такое изменение селевой системы во времени, при котором они возвращаются в прошлые состояния через любой интервал времени. Ритмическое развитие - это повторяемость элементов селевой системы.

Следует отметить, что природные селевые процессы во многих случаях характеризуются циклическим ходом развития.

Изучение селевых потоков, их пути образования, очага возникновения и оценки опасности необходимо при решении широкого круга инженерно-строительных задач: при оценке условий строительства; обосновании рационального использования геологической среды; разработке мер по охране окружающей среды и других. Закономерности формирования и развития селевых потоков могут рассматриваться в трех аспектах: обще физико-механическом, пространственном и временном.

При этом общие физико-механические закономерности отражают природу и механизм селевых процессов, скорость их развития, разделение на стадии или этапы, формы и характер взаимодействия с окружающей средой, причины активизации.

Пространственные закономерности отражают зависимости распространения селевых процессов по территории, их интенсивность от различных природных условий, взаимосвязь с ними, проявления селевых процессов в различных регионах. Временные закономерности отражают особенности

развития селевых процессов в различные временные периоды их режима, периодичность активизации, тенденции развития. Формирование селевых потоков без воды невозможно, а для гляциальных селевых потоков, образующихся при таянии ледников, определяющим фактором при зарождении будет тепловое воздействие. А интенсивность тепло- и влагообмена между литосферой и другими природными сферами, в основном, определяется климатическими условиями. Поэтому и при региональных, и при локальных исследованиях селевых потоков важное значение имеют климатические условия.

Изучение пространственных закономерностей развития селевых потоков больше свойственно региональным исследованиям. Оно позволяет решать одну из важных задач их прогноза - установление границ территорий, в пределах которых условия развития селевых потоков являются квазиоднородными.

В отличие от пространственных закономерностей при изучении временных закономерностей одновременно охватывается и региональные, и локальные исследования, так как они позволяют судить о периодичности селевых процессов и обеспечивают разработку временного прогноза. Здесь применяются комплексные исследования, включающие в себя анализ опубликованных ранее материалов, топографических карт разных лет, проведение опроса населения, из которых можно получить точные сведения о крупных катастрофических селевых процессах, хотя они произошли давно, а также необходимо провести анализ рядов гидрометеорологических факторов и т.д. На основании полученных результатов составляются прогнозные карты, где можно отражать и информацию о будущем проявлении селевых процессов. Если региональное изучение селевых процессов проводится с целью выявления пространственной изменчивости их проявлений, и оценки устойчивости территории для этих процессов, а

локальное изучение селевых потоков проводится для определения механизма развития процесса. Таким образом, главными особенностями селевых потоков являются их территориальная принадлежность к горно-складчатым областям и участие в формировании потоков твердой и жидкой составляющих, которые представляют единую природную систему - селевой поток.

Для оценок опасности селевых потоков необходимо провести прогнозные исследования. Прогноз селевых потоков означает предсказание динамики и характера формирования процесса в пространственной территории или в течение некоторого периода времени, а также предсказание формы, масштаба и скорости селевых процессов. Кроме этого, в целом под прогнозом экзогенных геологических процессов понимается научное, основанное на закономерностях их развития, предсказание места, времени, интенсивности и характера оползней и селей, а также оценка их воздействия на хозяйственные объекты. Поэтому для оценки опасности селевых потоков следует выделить следующие категории прогнозов: а) пространственные; б) временные; в) оценка интенсивности и степени воздействия селевых потоков на хозяйственные объекты.

Пространственные прогнозы предусматривают определение вероятности проявления селевых процессов на территории юга Кыргызстана без учета времени. При этом необходимо определить в селевом бассейне пространственного распределения очагов формирования твердой и жидкой составляющих, зоны затухания селевых потоков, а также оценку интенсивности и активности селевого потока.

При пространственных прогнозах селевых процессов, связанных с завальными озерами и водохранилищами, следует обратить следующее внимание на характер формирования селевого потока, на возможности разрушения плотины за счет размыва или фильтрации, на месте образования

крупных обвалов и оползней на берегах озера или водохранилища, способных вызвать перелив воды через завал или плотину. Эти все мероприятия дают возможности оперативно получать информацию о месте возникновения селевых потоков для своевременного оповещения о селевой опасности.

Временное прогнозирование селевых процессов обусловлено закономерным развитием этих процессов во времени. Выявить эти закономерности можно только на основе изучения режима селевых процессов. Эти закономерности можно только на основе изучения режима селевых процессов.

Результаты режимных наблюдений за селевыми процессами являются основой их временного прогноза. Здесь изучается характер изменения активности проявления селевых потоков во времени и их цикличности.

Одним из основных параметров селевого потока является максимальная и средняя скорость его перемещения. Скорость движения селевого потока является важнейшей характеристикой определяющей его динамику и разрушительную способность. Определение расчет скоростей течения селевых потоков – один из самых сложных вопросов и до сих пор окончательно не решенная проблема в селевых процессах [94].

В диссертационной работе рассмотрены селевые потоки связанного типа, содержащие шуги. Тогда принимаются, что скорости жидкости и твердых частиц (шуга) практически одинаковы. Другими словами, в гетерогенных двухфазных системах связанные шугасодержащие селевые потоки перемещаются как ламинарные течения, причем жидкая и твердая фазы движутся с одинаковой скоростью [93]

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} = 0.$$

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) = F_x - \frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) \quad (3.1.5)$$

$$\rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) = F_y - \frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right)$$

Для вывода основных дифференциальных уравнений движения шугасодержащего селевого потока остановимся на следующих предположениях, используемых при изучении двухфазных течений двухмерной модели процесса:

1. Среда является двухскоростной, т.е. в каждой точке селевого потока имеются две скорости – это скорость жидкости и скорость шуги. При этом совокупность частиц считается непрерывно распределенной по всему объему с условной плотностью частиц, равной произведению численной концентрации частиц в единице объема на массу одной частицы.

2. Течение двумерное нестационарное.

3. Частицы имеют одинаковые размеры и не взаимодействуют между собой.

4. Давление создается только жидкостью, влиянием частиц пренебрегаем.

5. Массовый расход жидкости и массовый расход частиц вдоль по течению постоянны.

6. Вязкие силы проявляются только при взаимодействии шуги с жидкостью [93].

Кроме этих допущений полагаем, что двухфазное течение селевого потока моделируется как движение шугасодержащего массива в поле силы тяжести со свободной поверхностью, где глубина слоя достаточно мала по сравнению с размерами ширины и длины. В таком случае, поток считается двухмерным течением в канале. Сечение канала имеет произвольную форму и может меняться вдоль его длины. Тогда для двухмерного двухфазного течения шугасодержащего селевого потока имеют место следующие уравнения.

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = A_1 R_1 u^n$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = A_2 R_2 v^n \quad (3.1.6)$$

где u – продольная составляющая скоростей, v – поперечная составляющие скоростей, с соответствующими начальными и граничными условиями:

$$\begin{aligned} u(0,t) &= u_1 \\ v(0,t) &= v_1 \\ u(x,0) &= 0 \\ v_n(y,0) &= 0. \end{aligned} \quad (3.1.7)$$

При этом уравнение неразрывности, которое в данном случае является «тестовым», обеспечивает корректность физико-математической модели исследуемого процесса.

Здесь A_1 , R_1 , A_2 , R_2 , – заданные величины (константы). A_1 и A_2 , коэффициенты потока, оказывающие влияние на характеристики потока показывают интенсивность поступления осадков в движении при точке замерзания воды, $R_1 u^n$, $R_2 v^n$ – силы сопротивления. В частности, при $n = 1$ слабое сопротивление, при $n = 2$ сильное сопротивление. Координатные оси проведены таким образом, что x – вдоль канала, y – поперек канала (рис. 3.1.1).

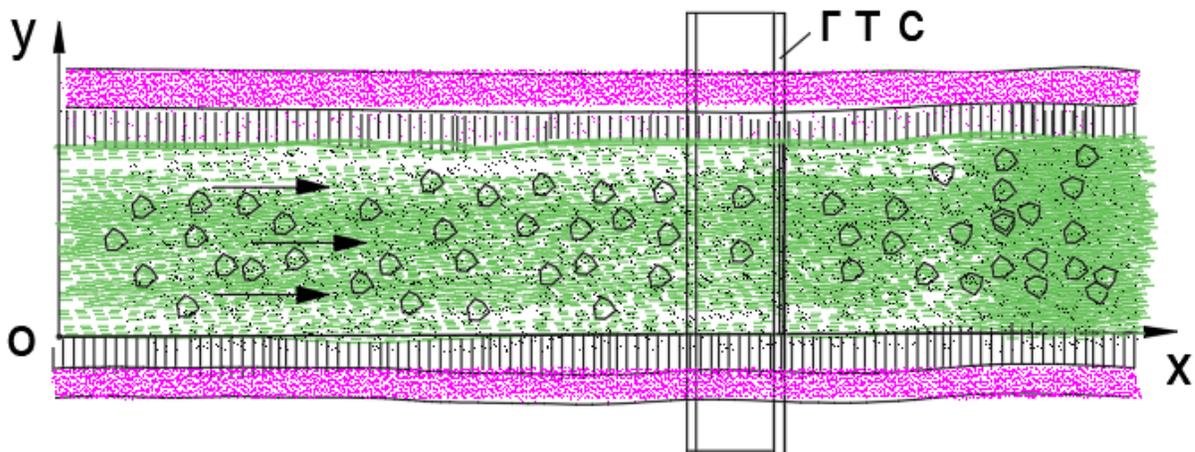


Рисунок 3.1.1. Схема области решения начально-краевой задачи

3.2. Численные расчеты динамики шугасодержащего селевого потока

Шугасодержащие селевые потоки в русле реки до настоящего время недостаточно изучены как в Кыргызстане и так же зарубежном. Если шугасодержащие потоки в горных регионах, при низких атмосферных температурах (минус (19-21)°С, после обильных осадков со снегопадом, образуются заторы льда за короткое время (2-3 часа в ночи) на затороопасных участках в русле реки. При последующем резком потеплении в дневное время под действием солнечной радиации происходит срыв затора, далее селевой поток несется вниз, разрушая все, что встречается на его пути. Поэтому изучение шугасодержащего селевого потока в сопоставлении с оползневыми процессами. Этими явлениями занимались и продолжают заниматься многие ученые в Кыргызстане с применением гидродинамики.

В данной диссертационной работе считать зазорный селевой поток связанного типа (внезапный обильный снегопад и затем минусовая температур). Тогда принимаются, что скорость жидкости и твердых частиц (льдинки) почти одинаковые, другими словами гетерогенных двухфазных системах связанные селевые потоки зазорного типа перемещаются как ламинарное течение, причем жидкая и твердая фазы движутся с одинаковой скоростью.

Переменные величины системы дифференциальных уравнений приводятся к безразмерным величинам, тогда их можно назвать приведенным расстоянием, считая, что максимальное расстояние вдоль которого движется селевой поток. Тогда приведенное расстояние или безразмерная независимая переменная есть

1. $\tilde{X} = \frac{x}{L}$ данная величина меняется от 0 до 1, L – максимальное расстояние;

2. $\tilde{Y} = \frac{y}{L}$ данная величина меняется от 0 до 1, L – максимальное расстояние;

3. $\tilde{t} = \frac{t}{T}$, где T – максимальное время.

Чтобы обеспечить практическую сходимость, \tilde{X} , \tilde{Y} и \tilde{t} берутся намного меньше единицы. Искомые переменные продольная скорость U , поперечная скорость V . В безразмерной форме будет $\tilde{U} = \frac{U}{U_{max}}$, $\tilde{V} = \frac{V}{V_{max}}$.

Полученная система уравнений решается конечно-разностным методом с соответствующими начальными и граничными условиями при $n = 1$.

Для численного решения системы уравнений введем разностную сетку: $x_k = x_0 + k \Delta x$, $y_j = y_0 + j \Delta y$, $t_i = t_0 + i \Delta t$, где Δx , Δy , Δt – пространственные и временные шаги ($i = 1, 2, \dots, M$, $k = 1, 2, \dots, N$), заменяя производные их разностными отношениями, получим систему разностных уравнений

$$\begin{aligned} \frac{U_{i+1,k} - U_{i,k}}{\Delta t} + U_{i,k} \frac{U_{i+1,k} - U_{i,k}}{\Delta x} + V_{i,k} \frac{U_{i,k+1} - U_{i,k}}{\Delta y} &= F_1 \\ \frac{V_{i+1,k} - V_{i,k}}{\Delta t} + U_{i,k} \frac{V_{i+1,k} - V_{i,k}}{\Delta x} + V_{i,k} \frac{V_{i+1,k} - V_{i,k}}{\Delta y} &= F_2 \end{aligned} \quad (3.1.18)$$

где F_1 и F_2 являются постоянными величинами – это интенсивность осадков коэффициент вязкости, силы сопротивления. Для определения значений искомых переменных U , V , из этой системы конечно-разностных уравнений получим следующие рекуррентные формулы:

$$\begin{aligned} U_{i+1,k} &= (F_1 - ((U_{i,k+1} - U_{i,k}) \cdot U_{i,k} + F_1(V_{i,k+1} - V_{i,k}))/\Delta x) \cdot \Delta t + U_{i+1,k} \\ V_{i+1,k} &= (F_2 - ((U_{i,k+1} - U_{i,k}) \cdot V_{i,k} + F_2(V_{i,k+1} - V_{i,k}))/\Delta y) \cdot \Delta t + V_{i+1,k} \end{aligned} \quad (3.1.19)$$

где $i = 1, 2, \dots, M-1$, $k = 1, 2, \dots, N-1$.

Из данной системы уравнений (9) при $i = 0$ и $k = 0$ последовательно находим значения функций $U_{l,l}$, $V_{l,l}$ по формулам:

$$U_{1,1} = (F_1 - ((U_{0,2} - U_{0,1}) \cdot U_{0,1} + F_1(V_{0,2} - V_{0,1}))/\Delta x) \cdot \Delta t + U_{0,1}$$

$$V_{1,1} = F_1 - ((U_{i,k+1} - U_{0,1}) \cdot V_{0,1} + F_2(V_{0,2} - V_{0,1}))/\Delta y) \cdot \Delta t + V_{0,1} \quad (3.1.20)$$

При этом значения функций $U_{j,0}$, $U_{0,j}$, $V_{j,0}$, $V_{0,j}$, где $j = 0, 1, \dots, N$ определяются из начально-граничных условий.

По найденным значениям функций $U_{1,1}$ и $V_{1,1}$ при следующих значениях индексов и последовательно находим все остальные значения искомым функций на узлах сетки. Например, для продольной составляющей скорости и для перехода от предыдущего узла к следующему узлу применен четырех точечный шаблон.

С целью оценки эффективности модели движения селевого потока и определения параметров модели была проведена серия численных расчетов, по результатам которых построены графики изменений продольной и поперечной составляющей скорости. Точность расчетов определяется известной погрешностью применяемых конечно-разностных методов $O(i,k) \leq 1$.

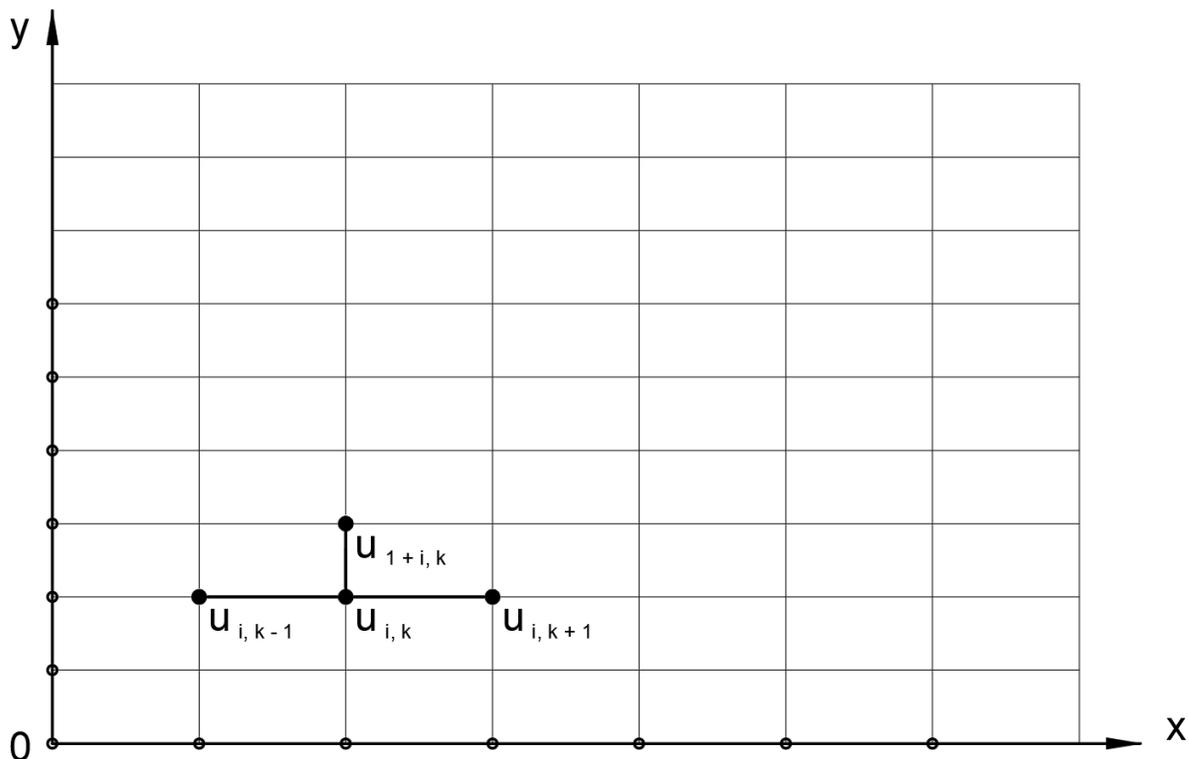


Рис. 3.2.1. Четырех точечный шаблон

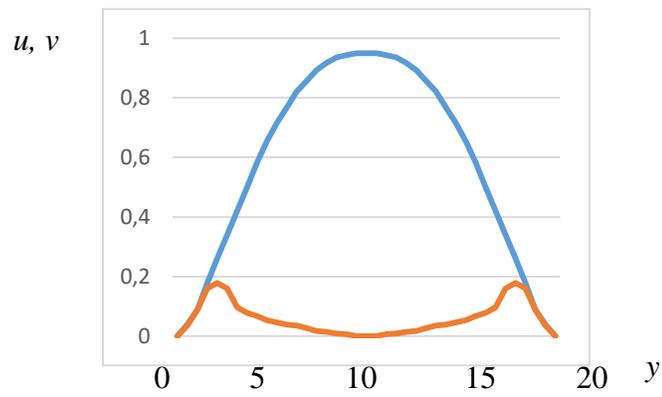


Рис. 3.3. Профили скоростей для моментов времени: $t = 12$ часов

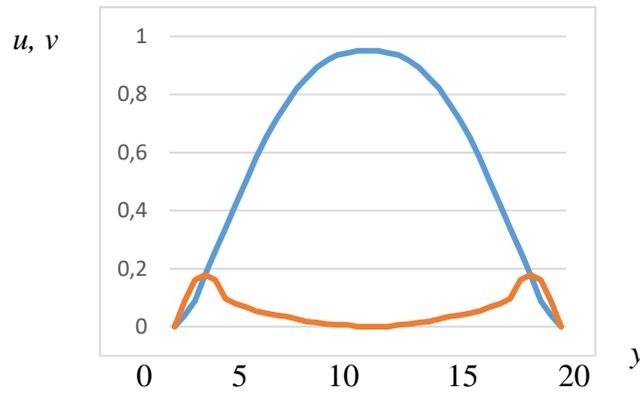


Рис. 3.4. Профили скоростей для моментов времени $t = 24$ часов

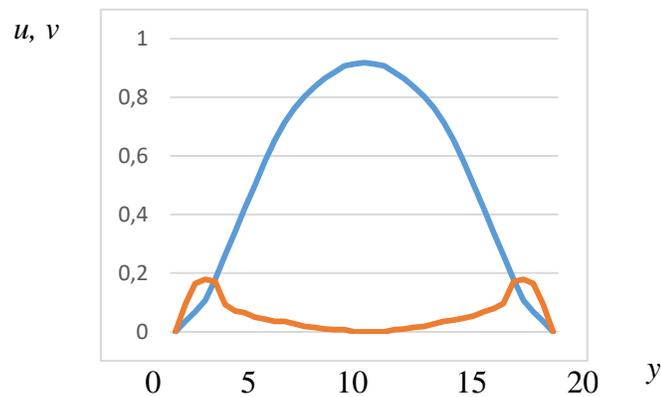


Рис. 3.5. Профили скоростей для моментов времени: $t = 36$ часов

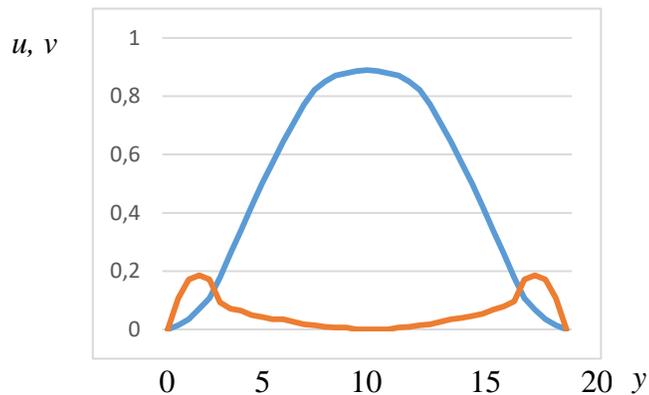


Рис. 3.6. Профили скоростей для моментов времени: $t = 48$ часов

По оси абсцисс расположена ширина канала (от 0 до 20 м), а по оси ординат расположены продольная составляющая u (голубая линия) и поперечная составляющая v (оранжевая линия) скорости (от 0 до 1 м/с). Полученные результаты численных расчетов удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными.

Полученные результаты численных расчетов достаточно хорошо согласуются с экспериментальными данными.

3.3. Выводы по главе

Для определения основных дифференциальных уравнений движения шугасодержащих селевых потоков справедливы предположения, используемых при изучении двухфазных течений, в плоской или пространственной модели процесса, при необходимости в конкретных случаях рассматриваются физико-математические процессы в пограничном слое таких течений.

Например, совокупность частиц считается непрерывно распределенной по всему объему с условной плотностью частиц равной произведению численной концентрации частиц в единице объема на массу одной частицы. Частицы имеют одинаковые размеры, и не взаимодействуют между собой. Давление создается только жидкостью, влиянием частиц пренебрегаем. Массовый расход жидкости и массовый расход частиц вдоль по течению постоянны. Вязкие силы проявляются только при взаимодействии твердых частиц с жидкостью.

Также часто справедливы допущения для такового вида селевого потока: это модель движения шугасодержащего массива в поле силы тяжести со свободной поверхностью, где глубина слоя достаточно мала по сравнению с размерами ширины и длины. В таком случае, поток можно рассматривать как двухмерное течение в канале с неограниченной длиной.

Разработка модель течения двухфазного шугасодержащего селевого потока гидродинамического типа. Предложена численная методика решения на основе конечно разностных схем.

Глава 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ИХ РЕЗУЛЬТАТОВ ПО ВНЕДРЕНИЮ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ, ПРЕДОТВРАЩАЮЩЕГО ФОРМИРОВАНИЕ ЗАТОРОВ ЛЬДА НА РЕКЕ АЛА-АРЧА

4.1. Экспериментальное исследование процесса закупорки шугасодержащим потоком воды на водораспределительном сооружении в русле реки Ала-Арча

Предметом экспериментального исследования формирования заторов льда на реках были прежде всего определения режимы течения потока воды на исследуемых реках, где зимние периоды года формируются шугасодержащие селевые потоки. Эксперименты проводились не зимний период на макете с индикатором для достижения визуальной фиксации режимов течения потока воды, где в зимний период проводить был недопустимо опасный процесс.

Для визуального уточнения режимы течения (турбулентного или ламинарного) речной воды на русле реки Ала-Арча, был проведён ряд натуральных экспериментальных исследований на специально разработанном и изготовленном экспериментальном макете, где его конструкция, принципы работы и результаты эксперимента были опубликованы в работе [89]. Экспериментом установлено, что на реке Ала-Арча режим течения воды турбулентный. Следует отметить особенности этого эксперимента, что с целью достижения достоверности экспериментальных исследований режимы течения потока речной воды в русле реки экспериментальный макет был

снабжён индикаторами визуального наблюдения режимами течения воды, в виде ярко окрашенных из 100 %-х хлопковых плетённых фабричных лент, шириной 2 см, которые всегда имеется в продаже. Вид предложенного индикатора применяется в первые на практике. Экспериментально было установлено, что ленты из хлопка хорошо смачиваются в воде и тогда плотность смоченной в речной воде хлопковая лента приравнивается к плотности воды в русле реки, где $\rho_{\text{воды}} = \rho_{\text{лента}}$. Это также подтверждено экспериментом, где кусок хлопковой ленты, длиной около 90 см, была погружена в воду стеклянной 3-й литровой банке, где установлено, что ленты из хлопка хорошо смачиваются в воде и она находилась на плаву. Во время натурального эксперимента положения ленты имитировали режимы течения воды в русле реки.

Нами проводились другие эксперименты в зимний период года, определялись диапазоны температур воздуха, скорости потока воды шугасодержащими материалами (шуги, снежуры, льдинами) наблюдением и сопровождением фото, и киносъёмкой на реке Ала-Арча. Эксперименты зимой проводились с наблюдением вовремя обильного снегопада с холодной температурой воздуха и установлено, что большими материалами шуги являются подающие кристаллов снега в холодную, турбулентным режимом течения воды, где вода, смерзаясь со снежным кристаллом, превращаются в шугасодержащую потоку. В короткое ночное время лепестки снегопада образуют шугасодержащие потоки. Тогда большим объёмным материалом на участке водопада при наступлении ночной холод, когда у реки температура воздуха минус 19°C и ниже, и тут наращивалась «головы» затора, сформированные из шугасодержащих масс, далее до рассвета на участке за пределом водораспределительного сооружения и в водопаде русле реки Ала-Арча, формировались «голова» и «тела» затора, в масштабе представленная на рисунке. 4.1.3, как геометрическая модель реально былого физического

события на водораспределительном сооружении по улице Малдыбаева и пересечения ул. Скрябина, что представляет, как геометрическая модель физического процесса закупорки пороги сооружения, видом на объект с запада на восток.

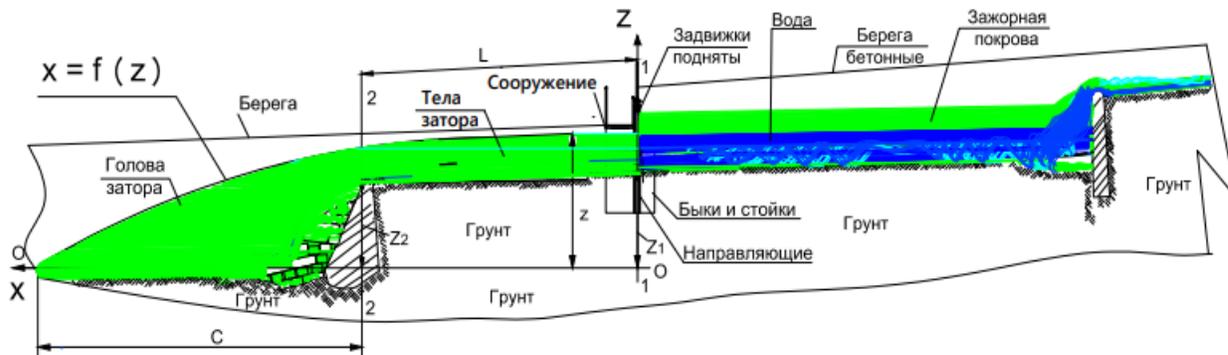


Рисунок 4.1.1 – Полная картина состояния затора льда на русле реки Ала-Арча сформированной за ночь 12 до утра 13 января 2022 года

Здесь, именно «голова» затора, наращаясь снизу водопада вверх смерзаясь, переходит и в «тела» затора на участке от сооружения до водопада. При течении шугасодержащего потока на этом участке или стоячем состоянии под действием мороза шугасодержащий поток могут формировать сплошную ледяные корку, а при длительном стоячем состоянии превратиться в толстые корки льда. При турбулентном режиме движения потока, подобно грязеводные селевые потоки, изложенные в работе [49], (см. с. 109), являются шугасодержащие потоки, где жидкая и твёрдая составляющие двигаются одинаковой скоростью. Вот натуральная события, срыв затора льда на реке шугасодержащим селевым потоком на потенциально опасным участках, например, как бывшее событие во второй половины дня 15 декабря 2023 года произошло шугасодержащие по реке селевые потоки вызвал наводнению с затоплением прибережные участки реки Ала-Арча, Октябрьского района г. Бишкек. Конечно, причиной этому явлению в любом случае является воздействия солнечной радиации от 14 - 15 декабря 2023 года с потеплением воздуха. Срыв накопленного затора с выше расположенного участка, с района

резиденции, по руслу реки Ала-Арча, благодаря наличию множества ступенек с минимальными уклонами после них, по руслу реки, погасились скорость движения шугасодержащие речные селевые потоки и их крупные массы останавливались, не доходя до моста автомагистрали по ул. Ахунбаева и перекрывая пути движения хвостовых жидких шугасодержащих селевых и межженных потоков воды, и они вышли из русла реки через ж/б берега и далее затопили ряда объектов по ул. Малдыбаева. Шугасодержащий селевой поток в русле реки есть двухфазная сплошная среда, где несущая фаза – вода, а дисперсные составляющие представляют собой твёрдые частицы.

Для предотвращения формирования заторов льда на реках разрабатывались методы и средства защиты от формирования заторов льда на любых затороопасных участках и в том числе с гидротехническими сооружениями [83, 87], позволявший отвод жидкость от твердого шугасодержащего селевого потока по ранее уложенному по середине и ниже дна реки вырытой и облицованной железобетонным раствором канала. Следует отметить, что эта средства защиты подобны, если обратить внимания в натуре на русла реки с узкими и глубокими днами, где вода текут журча под льдом. Таким является русла река Аламедин в черте г. Бишкек.

Проведённым литературным обзором и патентным поискам установлено, что до предложенного метода и средства защиты от формирования затора, двум запатентованным [83 и 87] сооружениям, предотвращающих формирования затора льда на реках, других решений обнаружены не были. Каждый раз, когда формируются зимой заторы льда на реках, здесь приходится заниматься лишь ликвидацией “головы” и “тела” затора, путем механизированной очистки, с частичным вывозом массы закупорки из зоны затора льда (рис. 2.1.1; 2.1.3 и 2.1.4) и параллельно в ручными средствами вскрытием рабочими шугасодержащего покрова для отвода воды течением через сооружения на водопад по руслу реки.

4.2. Физические методы моделирования процесса формирования шугасодержащего потока и формирования затора льда на русле реки Ала-Арча

Здесь рассматривается физический метод моделирование процесса формирования шугасодержащего селевого потока в турбулентном режиме течения воды в русле реки Ала-Арча зимой при низкой температуре воздуха, из которых состоит материалы, составляющие «головы» затора на участке, за пределом водораспределительного сооружения, начиная далеко дальше со дна водопада, до порогов сооружения, переростом в «тело» затора. В результате в суровые зимы происходят закупорки пороги сооружения «телом» затора, на рис. 4.1.1 представлена геометрическая модель физического процесса.

В поисках методов исследования формирования шугасодержащего потока в русле реки Ала-Арча, был исследован режимы течения воды экспериментально на экспериментальной установке с индикатором визуального наблюдения и установлен, что режимы течения воды являются турбулентными. Этому режима течения воды подтверждается во второй главе данной работы, где на рисунке 2.2.1 рассматривались наличие ступеней с лунками на дне реки, камней и других неровностей в продольном и поперечном сечениях где на таких руслах реки вода текут турбулентном режиме и там очевидно, формируются такие шаровидные шуги, как показаны на рисунке 4.2.1. На рис. 4.2.2 представлен эскизная схема, или геометрическая модель физического процесса, где ярко зелёным цветом показан поток переохлаждённой воды в турбулентном режиме течения на участке до водораспределительного сооружения. На рисунке 4.2.2 по реке вниз, представлено само сооружение на русле реки Ала-Арча, видом вниз по течению, где имеется водопад. На расстоянии $L = 24$ метр внизу по течению воды, до плоскость сравнения 0-0, равную $h_1 = 5$ метр, где нанесены геометрические элементы уровней сооружения. Далее по реке выше, русла реки с ступенькой (наличия множества ступеней, через каждые 56 - 70 метр,

предназначенной для погашения скоростей потока воды в период половодья, и зимой шугасодержащего селевого потока.



Рисунок 4.2.1 – Фрагмент материала шаровидной шуги, из реки Ала-Арча, при температуре воздуха ниже -17°C

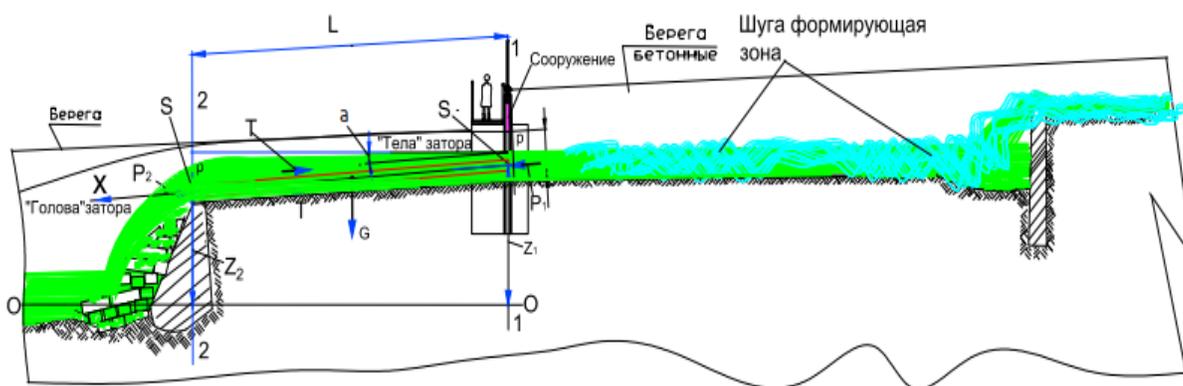


Рисунок 4.2.2 – Физическая картина (геометрическая модель) участка в продольном сечении по руслу реки Ала-Арча водораспределительным сооружением, снизу водопадом, и видом выше сооружения – зона бурным турбулентным режимом течения воды, где формируются шугасодержащие потоки воды

Шугасодержащий поток за сооружением уходит в водопад. Тут также на водопаде вода теряет температуру и наслаиванием растёт «голова» затора из шугасодержащего потока начиная там, снизу и дальше дна водопада, заполняя объем русла реки с глубокими берегами, «голова» затора наращивается с нижнего яруса реки, далее переходит в «тело» затора. «Тела» затора наслаиваясь растёт в толщину. Для формирования шугасодержащего потока были необходимые условия: наличие потока воды с турбулентным режимом течения;

низкая температура в воздухе ниже -17°C мороза, наличие внутриводных кристаллов из материала, в главный образ из снежинок, от снегопада, также от снежура разрушенные в кристалл при падении со ступенек (рис. 4.2.2) и т. д.

Натурным исследованием установленный скорость движения шугасодержащего селевого потока на участке до сооружения и далее от порогов сооружения до водопада, заметно создают сопротивления в движениях, похожи линейно-вязкими движениями жидкости. Скорость потока на этих участках составляли $v = 0,8 \dots 1,0$ м/с, что были установлены экспериментально наблюдением, вооружаясь такими средствами измерения, как телефонный термометр и дальномер, также секундомер и с применением заметно плавающими предметами (пустые пластиковые из-под 2-х литровые). Формирования затора льда за сооружением началось от появления, так называемого «головы» затора, наращиванием именно начиная далеко до участка падения воды до формирования на этом участке с длиной 24 метр от сооружения до водопада, «тела» затора. Тогда в ночь в суровый зимний период года, перекрываются все 8 единицы пороги сооружения и происходит зажорные закупорки, в результате этого до сооружения появляется бассейн с постоянным притоком, но без выхода воды из бассейна (см. рис. 4.1.3). В последствии постоянного поступления притока воды в бассейн, происходит поднятие шугасодержащие воды выше берега реки, приводящие к переливу через берега, что происходит наводнения. Выше описанный физический процесс начинается с момента до периода появления шугасодержащего потока, как представленном на эскизном графике, как рисунок 4.2. 3 в масштабе, на русле реки от сооружение по водопада.

работе [92]. Получена зависимость потери напора h_{1-2} по длине L участке от величины силы трения T , выраженная через касательные напряжения τ на участке реки до формирования шуга.

$$h_{1-2} = \frac{\tau}{\gamma} \cdot \frac{L}{R} \quad (4.2.2)$$

где γ – удельный вес воды, $\gamma = \rho \cdot g$. Здесь ρ – плотность речной воды.

Потери напора по длине при движении реальной жидкости связаны с силами вязкостного трения и инерционными силами, возникающими из-за вихреобразования частиц и связанные с сопротивлением движению жидкости по длине потока трением по дну и боковые стенки и в местных сопротивлениях.

Здесь рассматривались функциональная зависимость между величинами потери напора h_{1-2} и гидравлическим радиусом R и касательным напряжением трения τ . Они выражаются, если известно значение величины расхода Q потока воды согласно рисунка 4.2.3. Здесь расход Q определяется произведением скорости потока v , [м/с] на живое сечение потока воды s , в [м²]; τ - касательная напряжения в движениях воды. Гидравлический радиус R представляет отношения площади живого сечения и смоченного периметр χ этого же живого сечения S , или $R = \frac{S}{\chi}$. Тогда формулу (4.2.2) между сечениями 1-1 и 2-2 можно переписать в виде:

$$h_{1-2} = \frac{\tau}{\gamma} \cdot \frac{\chi}{S} \cdot L \quad (4.2.3)$$

Известна касательная напряжения, что сила трения между слоями потока воды τ на единицу площади пластины в опыте Ньютона, с которой надо её тянуть чтобы поддерживать её равномерное движение, определяется произведением коэффициентом сдвиговой вязкости μ с отношениям скорости потока v_0 к расстоянию между слоями h :

$$\tau = \mu \cdot \frac{v_0}{h} \quad (4.2.4)$$

С учетом формулы (4.2.4) потери напора на участке русле реки Ала-Арча после сооружения из формулы (4.2.2), получим:

$$h_{1-2} = \mu \cdot \frac{v_0}{\gamma h} \cdot \frac{\chi}{S_{\text{уч}}} \cdot L \text{ (метрах)}. \quad (4.2.5)$$

Формула (4.2.5), рассмотрена как функцию от аргумента, котрым будет переменным аргументом глубина, измеряемая от свободной поверхности потока воды до дна реки.

При наступлении зимы с появлением шугасодержащего потока воды, представленной на рисунке 4.2.4, выполненной на базе рисунке 4.2.3, как физико-геометрическая ситуация состояний в продольном сечении

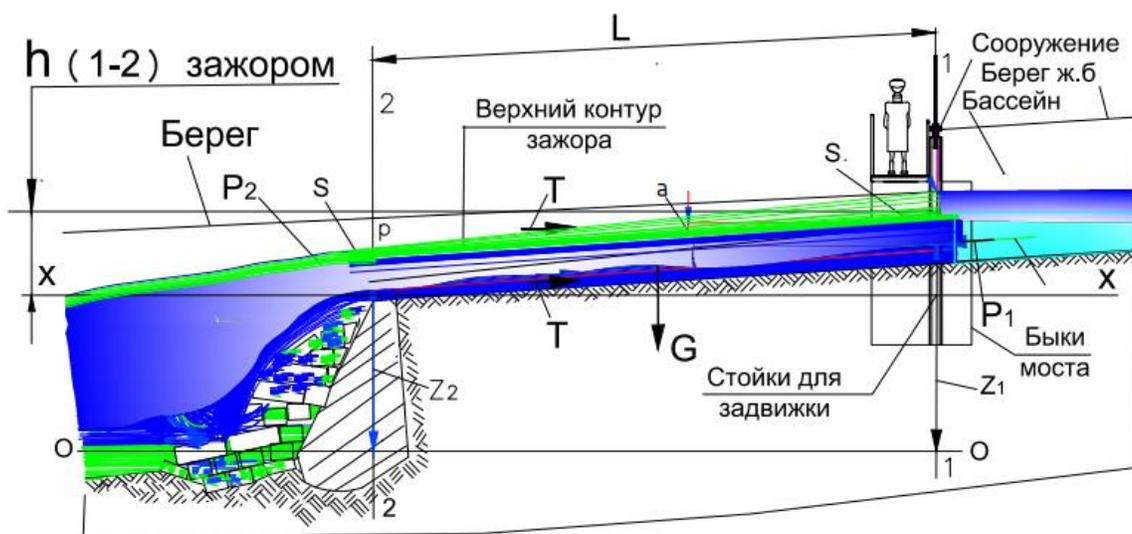


Рисунок 4.2.4 - Физико-геометрическая ситуация состояний русла реки, в продольном сечении по русло реки Ала-Арча, за сооружением, формирован верхний контур зазора, в виде шугасодержащий поток воды

разработанной с местом расположения на тот же исследованного участка в русле реки Ала-Арча, где в процессе падения снега, расход воды на рек увеличится. Это явление в явном виде, обнаруживается при наблюдении под падающим снегом у берега река, с пешечного моста или еще близкие расстояние. Таким образом, физический процесс в виде плавущие по поверхности воды слой снежура, плоские ледяные пльвуны, раздробляясь в мелкую частицу льда при подения через ступенки в русле реки, в турбулентных течениях воды становятся шугасодержащий поток.

Аналогично предыдущем проведённым методом математического моделирования, также базируясь на теоретических материалах механики сплошных сред, получен расчётных зависимостей как потери напора ($h_{(1-2)зажор}$), уже по длине шугасодержащим (зажорным) потоком речной воды через глубины h потока воды, гидравлический радиус R и τ - касательные напряжения в движениях воды на указанном рис. 4.2.4 участке русла реки Ала-Арча, за его водораспределительным сооружением, или как $h_{1-2} = f(h, R, \tau)$, начиная традиционно от выделенного объёма воды (рис. 4.2.4), где согласно гидродинамике обладает силой тяжести G , как формула (4.2.1), равной $G = S \cdot L \cdot \gamma$.

Математическая модель формирования “головы” и “тела” затора определяется как потерь напора на преодоление сопротивления движения шугасодержащей воды, проявляющегося по всей длине L потока до сооружения и за ее пределами обусловленного большой силой трения частиц шугасодержащий поток наслоено и слабо текут. Поэтому следует прибавить сопротивление, обусловленное препятствием в связи с наличием шугасодержащего потока и воды. Тогда потери напора зажорным слоем, согласно известному принципу в гидравлике наложения (суммирования) потери напора в канале, записывается в виде выражения с индексом «зажор» или $h_{(1-2)зажор}$, и будут записаны как (4.2.6):

$$h_{(1-2)зажор} = \frac{\tau}{\gamma} \cdot \frac{L}{R} + \frac{\tau_{зажор}}{\gamma_{зажор}} \cdot \frac{L}{R_{зажор}} \quad (4.2.6)$$

Здесь $\tau_{зажор}$ – касательное напряжение, вызываемое большой силой сопротивления между зажорным слоем потока воды, на которому сильно оказывает влияния отрицательные температуры воздуха, и может равняться силу трения между трущимися поверхностями и проходящимися на единицу поверхности выделенного объёма между сечениями 1-1 и 2-2 как на рисунке 4.2.4. Здесь возникает большая величина сопротивления на движение потока смеси из воды

и шугасодержащего потока (зажорной массы), при наличии холодного воздуха над рекой, приводящего к существенному снижению движения и скорости течения шугасодержащего потока воды, состоящие соответствующей им потери напора потока воды и шугасодержащего потока, проявляющегося по всей длине L потока, выражаемые формулой (4.2.6).

До 11 января 2023 года продолжался поток смесь вода и шугасодержащие поток через водораспределительное сооружение, далее поток уходил вниз по уклону в водопад, как на рисунке 4.2.4. Выше подробно изложены описания, как физические и геометрические модели, в соответствии с выражением (4.2.6) могут быть является математической моделью явления предзаторного состояния движения шугасодержащего потока воды, выражаемые в виде потери напора на участке за сооружением в русле реки Ала-Арча.

Физический процесс происходящий за сооружением от 11 января 2023 года при снегопде, сопровождаеся загустевшим водяным потоком со снегом и шугасодержащим потоком падая через водопад, с приличной высотой (более 5 м) с ускорением близком $g=9,81\text{м/с}^2$, разъединяясь теряют часть внутри-потоковой температуры, которая поглощается холодной атмосферой. Как иначе объяснить визуальное обнаружение у водопада слабого тумана (парообразования), видного на ростояние. Если близко подходить, тогда от парообразования увляжняются лицо и одежда. Так на водопаде появляюся сосулки льда. Поток за водопадом быстро густевает, переходя в “головы” затора, которое далее накопливаясь быстрее, наращиваясь снизу вверх, переходит в “тело” затора. Еще следует отметить, что снегопад шел в течение целых суток 10 января 2023 года при температуре воздуха -8°C , далее, и продолжался 11-12 января при понижающей температуре в атмосфере от -8 до -17°C , и далее понизились до -20°C , уже на 06.00 часов утра. Был мороз с ночь 12 до утра 13 января и минус 21°C на 09.00 часов утра в 13 января 2023 года. Уже все 8 единицы порога сооружения были закупорованы “телами”

затора. Были затоплены при береговые территории сооружения от подъема шугасодержащие покрова с поверхности бассейна, притоком талые и меженные воды туда. Мощные техники очишали участки после сооружения и у водопада.

При поступления в бассейн приток с известным нам расходом меженного потока воды в русле реки Ала-Арча, равную $Q = 1,38 \text{ м}^3/\text{с}$, тогда приток за 1 час составить в объёме $V = 1,38 \cdot 3600 = 4968 \text{ м}^3$. Известна измерением площадь занимаемого бассейна $20 \text{ м} \times 100 \text{ м} = 2000 \text{ м}^2$. Или при высоте берега 3 метр, объем бассейна составляет $V = 6000 \text{ м}^3$. Тогда перелив шугасодержащего потока с берега бассейна начинались через час после закупорки пороги сооружения. Поэтому городские службы и МЧС город Бишкек в первый очередь ликвидировали закупорки пороги сооружения.

На рис. 4.2.5 представлена физико-геометрическая ситуация состояний русла реки с зажорным закупоркой сооружения, где до последнего формирован бассейн, с притоком воды не менее 5000 м^3 воды за 1 час, при объеме бассейна.

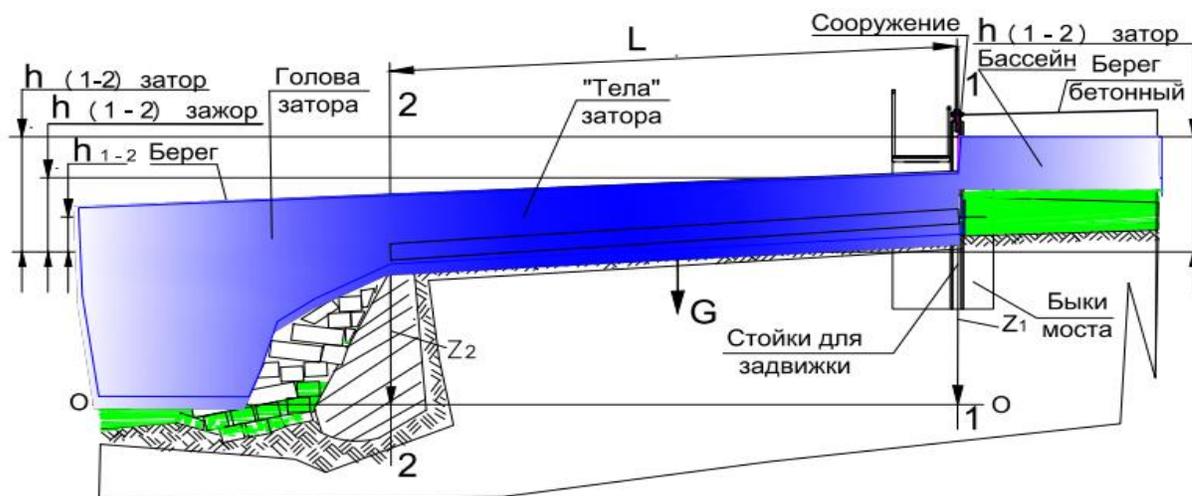


Рисунок 4.2.5 – Физико-геометрическая ситуация состояний русла реки, после закупорки пороги сооружения и, где до сооружение формирован бассейн

Когда наступил затор на сооружение, закупоркой «головой и телам» затора из шугасодержащего потока при температуре воздуха ниже минус 19°C , получили искомую величину (4.2.7) – потерь напора на участке русла реки Ала-Арча, отсутствием выхода шугасодержащего потока или воды за сооружением,

то есть, образовался бассейн до сооружения. Тогда, очевидно переходит потери напора в бассейн, до сооружения в виде:

$$h_{(1-2)\text{затор}} = \left(\frac{\tau_{\text{затор}}}{\rho_{\text{вода+шуга}}} \cdot \frac{L}{g} \cdot \frac{B+2h}{B \cdot h} \right). \quad (4.2.7)$$

События закупорка сооружения произошла в холодный ночь с 12 на 13 января 2023 года на рисунке 4.2.5, и до сооружения появился бассейн, с постоянным притоком, без выходом из него, где $\tau \neq 0$. После наступления события в указанное ночное и не длительное время происходила загорная закупорка хвостовым торцом “тела” затора на сооружении, описываемая математическая модель может вытекать из формулы (4.2.6), только без составляющего потери напора h_{1-2} . Надо отметить о том факте, что при ликвидации техникой слоистые загорные корки из шуги на участке, массы вывезенные погружением в кузова машины были без единой куски льда. Были в основном только загорные корки, легко крушаемые в сыпучую шуги и снежные куски.

Выражение (4.2.7) полагаем, есть уравнение затора, закупоркой “телом” затора, где на участке за сооружением отсутствуют движения потока воды за время затора, или соответствуют уравнению напора воды в бассейна, пополняемый притоком, с ростом, как на рисунке 4.2.5, величиной $h_{(1-2)\text{затор}}$, где обозначены высота бассейна, которая является также высотой напора от затора. Надо отметить, что начало “головы” затора находится далеко за водопадом, как представлено на рисунке 4.1.1 или 4.2.5. Здесь, накопленная потенциальную энергию бассейна, с накоплением воды повышается опасность прорыва давлением на заслонке сооружения, сопровождаясь переливом через берега и сооружения, и что уже произошли переливы шугасодержащие потоки и течения воды по тратуары в доль берега русла по ул. Малдыбаева, и заливали территорию озеленения при зданиях двух научных институтов НАН КР.

4.3. Методы и средства защиты от формирования заторов льда на реках

В рамках проблемы защиты реки от заторов льда в суровые зимы предложено нами гидротехническое сооружение, предотвращающее формирование заторов льда на реках и принципы ее работы описаны в работах [83, 87 и 90]. Тут рассматривается задача отвода воды из состава шугасодержащего потока по гидротехническому сооружению, в последствии обоснованием и определением основных конструктивных параметров. Технологические процессы по устранению формирования заторов льда шугасодержащими потоками на реках, на их участках, где часто или неизбежно регулярно происходят заторы шугасодержащими потоками заключаются отвода воды, из состава кусков льда, шуги и снежные зажоры, снежуры и талых вод, а также поступающие с верхнего участка русла реки сорвавшего зажорные накопления по каналу вырытого по середине и ниже дна русла реки облицованными ж/б растворами, сохранением целостностью и неподвижностью ледяные покровы, шугасодержащих накоплений, лежащие по берегам канала, на волнистых параллельно уложенных под острым сходящим углом к осью канала и уплотнённых поверхностей насыпов, из вынутаго грунтовых материалов канала, с защитными ж/б облицовками уложенными вдоль насыпов, защищаемые от смывания их, при паводковом потоке по русле реки воды. На рисунках 4.3.1 показаны общие виды гидротехнического сооружения (ГТС), в двух проекциях. На верхнем проекции представлена вид в осевом сечении по А-А (*a*), на нижнем проекции вид сверху (*б*), в качестве геометрической модели для анализа работы ГТС.

Сущность способа защиты от формирования заторов льда на реках заключается в транспортировании разломанного на куски падением покрова льда 2, с шугой и снежными зажорами через перегородку 4, которые поступают в бассейн 1 (рисунок 4.3.1, *a*) с верхнего участка русла реки. Далее, из бассейна 1, с воронкообразной ёмкостью, с заметным донным уклоном и

боковыми откосами (рисунок 4.3.1, а), непрерывно отводятся потоками воды на плаву все перечисленные примеси, направляя их в вложенными встык, или залитыми из бетонным в врытой и армированный посередине дна 5 русла реки канал 6, ж/б облицовками 7 (дно реки и верхние поверхности борта канала равны, и на одном уровне), и транспортированием в нижний бассейн 8, сохраняя целостность и неподвижность по берегам канала 6 и ж/б канал 7

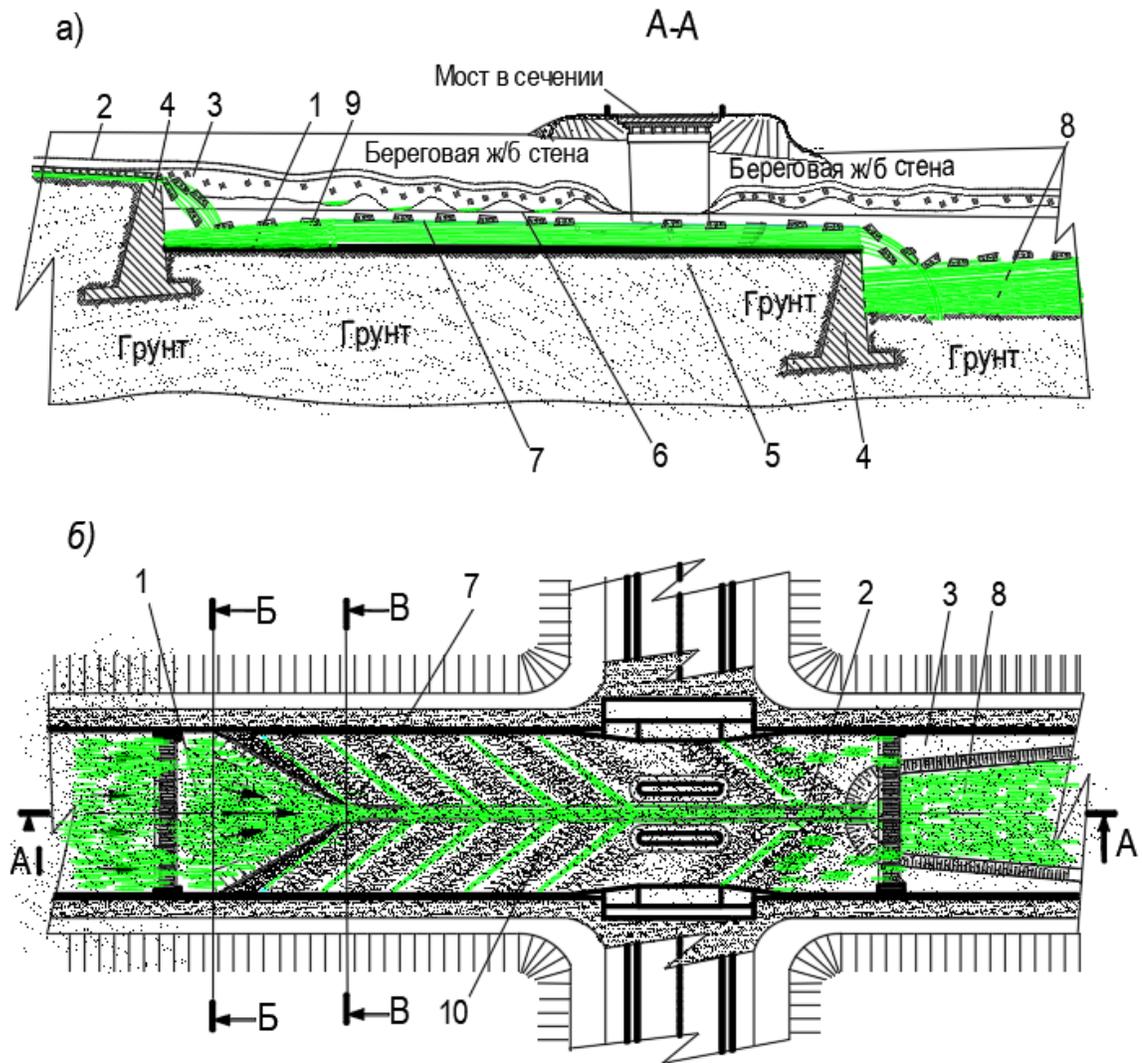


Рисунок 4.3.1- ГТС по мостом, предотвращающего формирования заторов льда на реках: зелёные и синие цвета в схеме представляют потоки воды; а) - геометрическая модель ГТС в продольном, по оси А-А разрезе реки; б)- вид сверху на сооружения; с указанием уровней и уклонов элементов ГТС: 1 – бассейн верхний; 2 – покрыва льда на верхней ступеньке русло реки; 3 – слой снега надо льдом; 4 – перегородка верхней ступеньки в русло реки; 5 – дно канала 6 по середине русло реки; 7 – ж/б канал; 8 – бассейн нижний

ледяные накопи 9, со снегом 10, лежащие на волнистых поверхностях 11 по берегам канала 6, с уплотнением параллельных насыпей 12, из вынутых посередине русла из-под канала 6 речных грунтовых материалов. Могут быть для упрочнения и защиты от смывания насыпей 12 от обильного паводкового потока воды, вдоль их уложены (залитые из раствора) ж/б бортовка или ж/б бруса (см. рис. 4.2.2), и где вдоль их будут течь воды (зеленные цветы) из-под покрова льда, и они втекают в общую канавку гидротехнического сооружения (рис.4.3.1). На рисунке представлены поперечные сечения ГТС, согласно рис. 4.3.1,б.

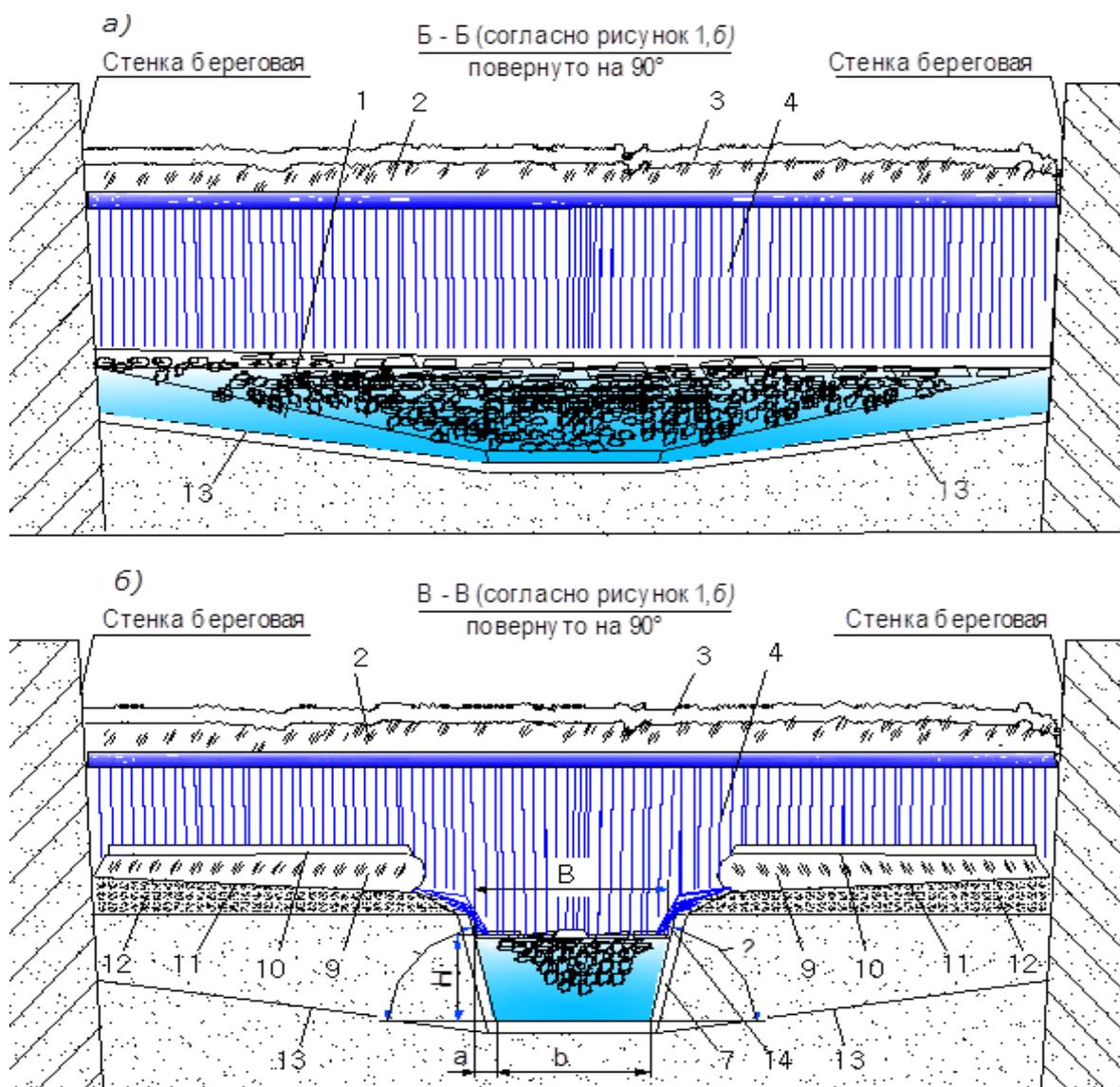


Рис. 4.3 а) – поперечное сечение по Б-Б верхнему бассейну 1 (рисунок 4.5.1, а и б), в момент обильными поступлениями зазора, раздробленные льда при падении сверху в

бассейн; б – поперечное сечение по В-В желоба 7 на участке стыка с бассейном 1, с конструктивными параметрами «живого» сечения желоба 7, и погруженными и транспортируемыми наносами; 1 - верхний бассейн; 2 - покровы крупного льда или зажора на верхней ступеньке в русло реки; 3 - слой снега над покровом льда 2; 4 - перегородка верхней ступеньки в русло реки, с изображением (синие линии) струя водопада от слоя воды подо-льдом 2; 5 - дно канала 6; 7 - ж/б желоб, вложенный встык в канал 6; 9 -ледяные накопления, со снегом 10 по берегам канала; 11 - волнистые поверхности уплотнённых параллельно лежащих на берегах канала 6 (см. рисунок 4.3.1, б) насыпей 12; 13 - дно бассейна 1, (рисунок 4.3.1, б); 14-вид на струю воды из-подо зажорного льда, поступающую сбоку в желоб 7.

4.4. Модернизация водораспределительного сооружения для предотвращения формирования 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. Обследованием установлено, что заторообразования на реке Ала-Арча были многократно и каждый пять лет повторяется. Нами проведённым обследованием установлено, что в черте г. Бишкек, на речке Аламедин заторы обнаружены не были. Так как, на реке Аламедин мосты автомагистралей и других участках, берега высокие и дно русла реки узкие и вогнутые.

В итоге поиска решения для защиты реки от заторообразования были запатентовано техническое решение с названием “Сооружение для предотвращения заторообразований на реке” (патент КГ № 2141, 2019 г. [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-подо льда и прибывших сверху по руслу реки вод с мелким льдом и шугой.

Однако, имеется недостаток в применении данного изобретения. Может быть так, что к этому моменту уже образованы зажоры и заторы до

полуворонкообразного заборного откоса, предусмотренного до первого блока желобов, вложенных в вырытый ниже дна реки канал. Ледяные пливуны 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 зазор льда с большим объемом и закупорить вход в желоба, образуя новые заторы. 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.

Натурным обследованием конструкции водораспределительного сооружения (далее по тексту сооружение), определены параметры основных геометрических элементов, таких, как ширины 8 м и 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, после их работы остались изуродованные арычные системы из ж/б желоба.

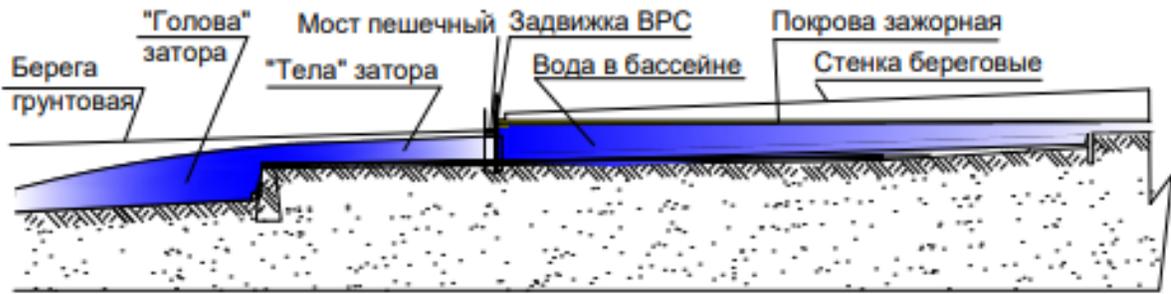
Объем принесённый ущерб на этом участке и плюс, затраты на ликвидацию затора льда, частичным вывозом из зоны затора очевидно будут

составлять крупные суммы, чем затраты на модернизацию данного сооружения. Поэтому проведение конструктивной модернизации водораспределительного сооружения (ВРС) и укладывания по середине русла и ниже дна реки в вырытого траншею ж/б канала на длину, около 60 метров от первой ступеньки до сооружения и плюс 24 метр сквозь сооружения до водопада окупается за один сезон. На рисунке 4.2.2 представлены наглядные эскизы русла реки, где указаны укладки ж/б канала, и ряд косых укладок брусьев или укладки бортовки под расходящим углом $\alpha = 30^\circ$ и параллельные, направленные к контуру желоба линиями, представляющие направлений потоков из-под льда воды, стекаемые в жёлоб как на рисунке 4.3.1 б), позволит достижению устранения формирования заторов льда на этом участке реки навсегда. На рисунке 4.4.1 представлен вид участка реки, в продольном сечении и 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.

Распределения грунтового материала вынутые из траншея под канала железобетонным (ж/б) облицовкой 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 4.4.1, г), чтобы талые воды направлялись к ж/б каналу, как показано на рисунке 4.4.1, б). При этом целесообразно, чтобы объем материала, вынутого из траншея под ж/б канала, был равен объему насыпов, уложенной параллельно по берегам канала, соответственно по n количеством и длиной насыпей, равный l . Тогда должны соблюдаться математическое тождество:

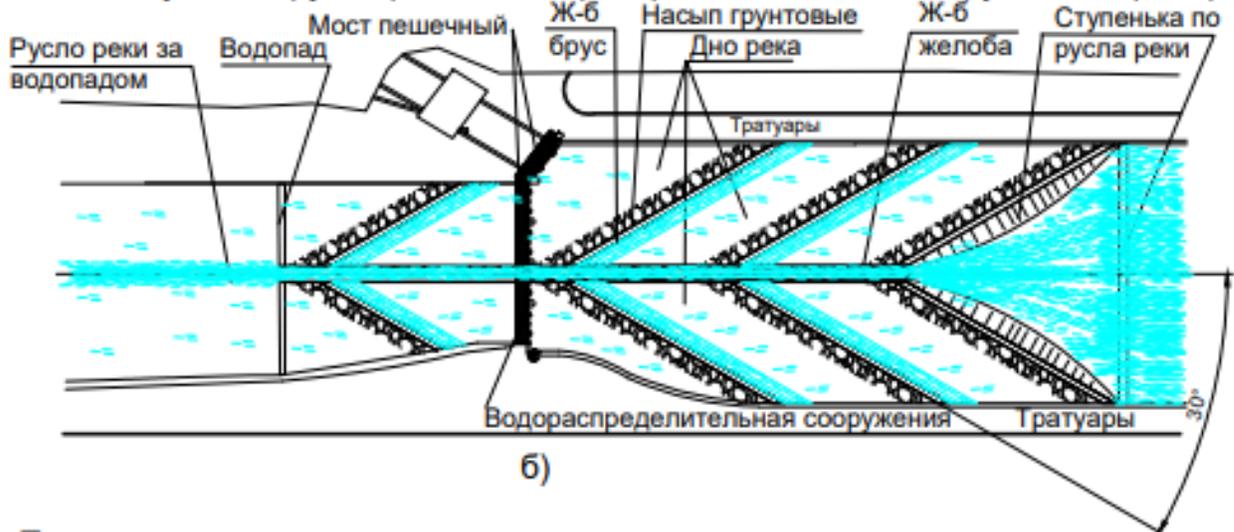
$$V_{\text{траншея}} = V_{\text{насыпа}} = S_{\text{траншея}} \cdot L = 2 \cdot n \cdot S_{\text{насыпа}} \cdot l, \quad (4.4.1)$$

Вид на участок русла реки, с водораспределительным сооружением (ВРС), сечением по середине русла в дол реки



а)

Вид на участок русла реки, с водораспределительным сооружением (ВРС)



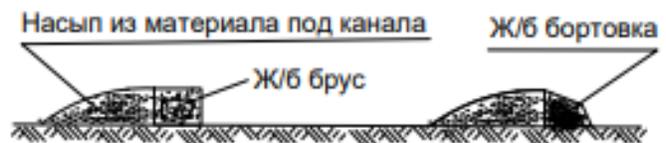
б)

Поперечное сечение русла реки



в)

Укладывания материала из под канала и брусьев (бортовки) на дне реки



г)

Рисунок 4.4.1 - Общий вид на участок после модернизации гидротехнического водораспределительного сооружения на русле реки Ала-Арча: а) вид на участок с ВРС в продольном сечении по середине русла реки, в период затора закупоркой шугасодержащим замёрзшим «телом» все пороги ВРС, видом образованного бассейна покрытым шугасодержащим наплывом (зажором); б) вид сверху на модернизированного (проект) участка реки с защитным сооружением, где по среднему порогу ВРС уложен насквозь ж/б канал (ж/б желоба), и по нему текут воды из подо – льда, унося примесей; в) вид на поперечное сечение с ж/б каналом; г) вид на дна реки с укладыванием материала из под траншея на насып по дно реки, согласно рис. 4.4.1, б)

где $V_{\text{траншея}}$ – объем материала, вынутаго из траншея посередине русла реки, длиной L м;

$V_{\text{насыпа}} = 2 \cdot n \cdot S_{\text{насыпа}} \cdot l$ – суммарный объем уплотнённых насыпей по берегам канала, в м^3 ;

$S_{\text{траншея}}$ – площадь поперечного сечения траншея, в м^2 ,

$$S_{\text{траншея}} = 0,0001 \cdot b_{\text{т}} \cdot h_{\text{к}} \cdot B \text{ в } \text{м}^2, \quad (4.4.2)$$

где $h_{\text{т}}$ – глубина траншея, в см; $b_{\text{т}}$ – ширина выкопанного траншея под ж/б канала, в см, последняя величина определяется по формуле:

$$b_{\text{т}} = (B_{\frac{\text{ж}}{\text{б}}\text{канал}} + 2 \delta + 2,0), \text{ в см}, \quad (4.4.3)$$

где, $B_{\frac{\text{ж}}{\text{б}}\text{канал}}$ – ширина ж/б канала по наружному размеру, см;

δ – толщина облицовочной стенки ж/б канала, не более 10 см;

Здесь цифра 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 всех материала вынутые из траншеи под ж/б канала, при сооружении гидротехнического устройства на участке реки, длиной L , в м. Здесь при формировании профиля траншея с спецтехникой, приходится выполнять с прямоугольным профилем. Поэтому при расчёте $S_{\text{траншея}}$ приходится принять во внимания. В связи с этим обстоятельством, ж/б канала будут иметь минимальные боковые уклоны. Поэтому могут перетерпеть изменения формы профиля ж/б канала и уточняться при выполнении проектных работ.

Обозначим среднюю ширину русла реки буквой B , в м. Зная исходные измерения натуральные размеры русла реки и траншея под ж/б канала, укладки насыпи под углом α , выразить объем вынутаго материала из траншея

$$V_{\text{траншея}} = S_{\text{траншея}} \cdot L, \text{ в } \text{м}^3 \quad (4.4.4)$$

Исходя из равенства (4.4.1), находим искомую величину $S_{\text{насыпа}}$:

$$S_{\text{насыпа}} = V_{\text{траншея}} / 2 \cdot n \cdot l, \text{ в } \text{м}^2, \quad (4.4.5)$$

где n — количество насыпов на одном берегу канала в русле реки;
 l — средняя длина насыпов на дне русла реки, которая определяется по формуле:

$$l = \frac{B - 0,01 \cdot b_T}{2 \sin \alpha}, \text{ в м.} \quad (4.4.6)$$

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

$$S_{\text{насыпи}} = \frac{V_{\text{траншея}}}{2 \cdot n \cdot l} = \frac{V_{\text{траншея}} \cdot \sin \alpha}{n \cdot (B - 0,01 \cdot b_T)}, \text{ в м}^2. \quad (4.4.7)$$

Полученные параметры площадей поперечного сечения насыпи из материала грунта, вынутого из траншеи под ж/б канала, позволяют планировать рационального распределения объема грунта на дне реки, с оптимальной и желаемой формой укладки насыпа в ряд валом, с уплотнением, для придания обтекаемой форме параллельными насыпами из грунта. Для исключения смыва насыпов, будут уложены, как на рисунке 4.4.1, г), по их длине брусьев или будут заливать железобетонные бетонные бортовки, с армированные железными решётками. Тогда повышаются долговечность службы защитного сооружения на любых затороопасных участках реки.

Количества парных (двусторонних) насыпей по берегам траншея или с ж/б канала до сооружения (согласно рисункам 4.4.1) будут достаточными по 3 пары, после сооружения будет достаточны одна пара. Укладка насыпи выполняется равномерным распределением высотой с уклонным откосом, параллельным уплотнением трамбовкой валом с равным поперечным сечением $S_{\text{насыпа}}$, определяемое по формуле (4.4.7). Допускается трамбовки насыпов портативным пневмомолотом, пракикуемые на стройках.

4.5. Разработка конструкции модернизированного гидротехнического сооружения, предотвращающего формирования заторов

Разработка модернизации гидротехнического сооружения начинается на основе всестороннего изучения натуральной конструкции существующего

объекта, составлением набросков общего вида, нанесением размеров на чертёж. Наличие фотоснимков облегчают работы с измерением при изучении конструкции элементов сооружения для модернизации. На рисунке 4.5.1, представлена натуральная модель конструкции сооружения с видом сбоку. Сооружение (см. рис. 4.5.1) в виде металлоконструкции, состоит из стандартных прокатных металлов: швеллеров и угольков. 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. На рисунках 4.5.2 и 4.5.3 представлены разработанные чертежи на модернизацию данного сооружения. Проект модернизация сооружений, состоит для одного порога с шлюзным затвором, размерами 1950 на 1200 мм, и толщиной листовой сталью, до 10 мм.

Рассчитан расход воды через желоба, зная её площадь поперечного сечения по формуле как площади трапеции:

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

Расход воды при площади поперечного сечения желоба, проходящей через одного и по середине, из восьми порогов с заслонками на сооружении при ширине борта равной 1,95 м, живым сечением равное $W_{\text{п}}=1,57 \text{ м}^2$, при скорости потока $v = 1,0 \text{ м/с}$ будет равен $Q = 1,57 \text{ м}^3/\text{с}$, что больше на 14%, чем расход воды в меженный зимний период, что равный $1,38 \text{ м}^3/\text{с}$.

Для конструктивной модернизации сооружения требуется наращивать одному из среднюю заслонку на 1200 мм вниз, трапециевидальным контуром, соответствующей форме поперечного сечения внутреннему контуру стенки ж/б канала наращиванием лишь длину подъёмного винта этой заслонки, как

представлена на рисунках 4.5.2 и 4.5.3. Ж/б канал целесообразно закладывать в траншею выкопанную по середине русла и ниже дна реки заливкой ж/б расстора по опалувкам с размерами “живого сечения” трапецеидальной форме, нижним основанием 1200 мм, глубиной канала 1200 мм и верхним размером оснований трапеции равные ширине существующей заслонки ВРС и равным 1950 мм. На рисунке 4.5.1 представлен общий вид модернизируемого сооружения, на рисунке 4.5.2 видом с переди и с зади модернизированное сооружение, а также видом открытом не до конца поднятой средней заслонки над ж/б канала. Для наглядности конструкция представлена на рисунке 4.5.2, в цветном изображении, выполненной на программе AutoCAD 20.



Рисунок 4.5.1 - Вид весной, по направление съёмки, с Востока на Запада и под острым углом зрения на переднюю стенку листовых заслонок

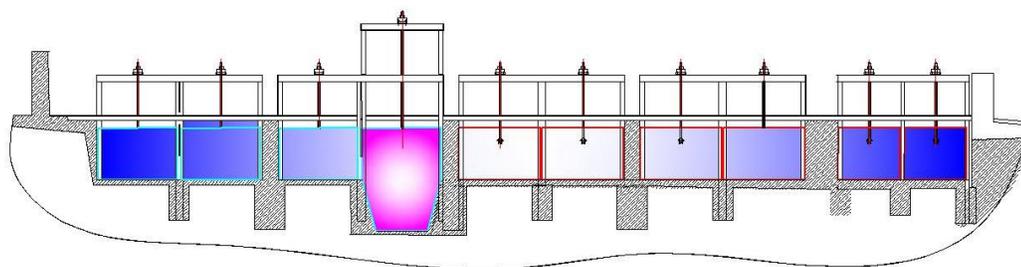
Конструктивная разработка элементов для модернизации сооружения исходим из таких же ассортиментов прокатных стальных материалов, как в составе существующего сооружения, где швеллера №16, наращиванием высоты

на 1200 мм четыре единицы стойки и из двух горизонтальных балок, из того же размера прокатного швеллера.

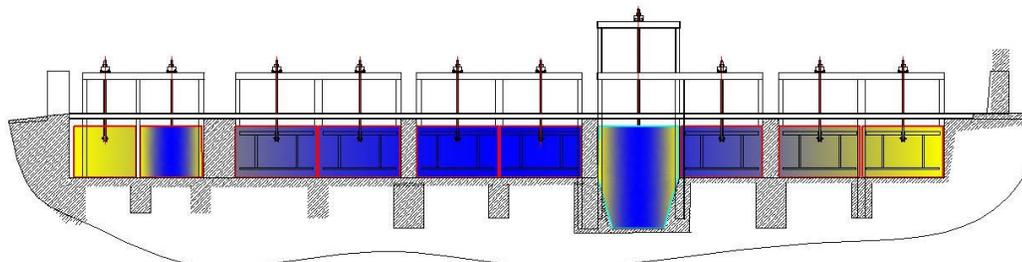
На рисунке 4.5.3 представлены конструктивные элементы модернизируемые элементы с параметрами, как заслонка, трапециевидальным контурным удлинением, с указанными размерами, (м.б. сваренными к заслонке с прямоугольными размерами 1950x1200 мм), общей высотой 2400 мм, и его ходовой винт, длиной 3100 мм, и дополнительные элементы: 4 шт. стойки из швеллера №16, длиной по 1200 мм; 2 шт. балки из швеллера №16, длиной по 2000 мм. Разработка строительства ж/б канала живым сечением в форме равнобедренной трапеции, с геометрическими параметрами, определенные в известных параметрах: нижнее основание трапеции 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 ж/б каналу будет больше на 20%, чем на русле реки, равную $Q = 1,38 \text{ м}^3 / \text{с}$, расходу в меженный, как зимний период потока воды.

Модернизацию следует организовать демонтажом с расширением и углублением одного из среднего порога сооружения и укладкой железобетонного канала с выдержкой его выше указанные необходимые размеры трапециевидальным формам сечений, в период отсутствия воды в русле река Ала-Арча, когда идут набора на верхних бассейнах накопления воды, т.е., до городского поливного сезона. Траншею следует выкопать с применением эксковатора по нанесенной разметочной линией, согласно разработанного строительного проекта.

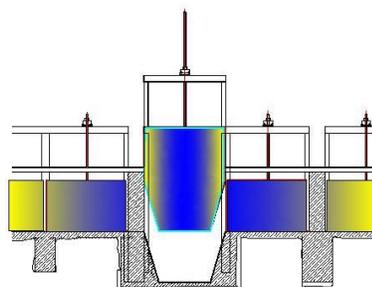
Конструктивно, общие всесторонние виды защитного сооружения, после модернизирования ВРС на участке ул. Скрябина и Малдыбаева в г. Бишкек представлены на рисунке 4.5.2, где видны закрытая заслонка, видом с переди окрашены оранжевым, видом сзади темным.



Вид на сооружение, спереди. Заслонки закрыты



Вид на сооружение, сзади. Заслонки закрыты



Вид на часть сооружения, сзади.
Заслонка открыта

Рисунок 4.5.2 – Общие виды модернизированного водораспределительного сооружения

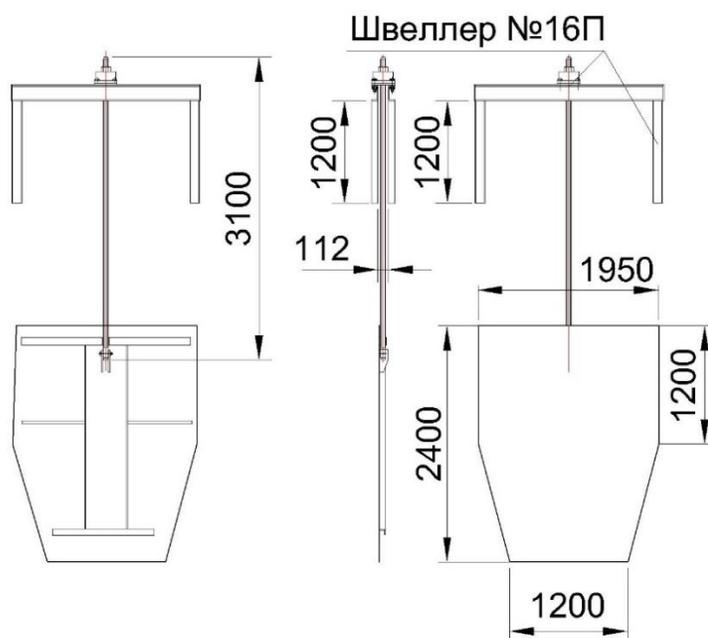


Рисунок 4.5.3-Конструктивные элементы заслонки над ж/б желобом трапецеидальной форм, с реальными конструктивными размерами

4.6. Выводы по главе

1. Экспериментальным исследованием установлены режимы течения воды в реках, что подтверждается специальным индикатором визуального наблюдения за режимом турбулентного течения воды.
2. Применением физического метода моделирования изучены процессы формирования шугасодержащего потока с определением скоростей течения воды и температуры воздуха у реки при снегопаде и при его отсутствия.
3. Физическое моделирование сопровождалось наблюдением процесса формирования затора льда наращиванием «голова» и «тела» на русле реки Ала-Арча.
4. Разработан проект модернизации на участке реки Ала-Арча (рис. 4.4.1), где в период суровые зимы всегда происходили заторы закупоркой шугасодержащим замёрзшим «телом» все пороги сооружения, с образованием бассейна, покрытым шугасодержащим наплывом (зажором).
5. Выполнены математические расчеты по рациональному распределению объема грунтовой массы, вырытой из выкопанной траншеи под ж/б

каналом насыпом на дне русла реки под рациональным углом, чтобы талые воды подо-льдом воды поступали в уложенный ж/б канал.

б. Окупаемость модернизации не превышает затраты на ликвидации последствий заторов, на затраты обслуживания и постоянного наблюдения за состоянием реки в зимние периоды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предложенная двухфазная механико-математическая модель достаточно объективно описывает динамику шугасодержащего селевого потока вдоль по руслу р. Ала-Арча, в которой в виде несущей фазы выступает вода, а в виде влекаемой фазы выступает шуга.
2. Полученные численные результаты решения механико-математической модели для продольной и поперечной составляющих скоростей шугасодержащего селевого потока. Полученные значения профилей скоростей вдоль и поперек течения в достаточной степени согласуются с экспериментальными данными.
3. Разработаны устройства, позволяющие решить задачу защиты от формирования заторов льда на реках и шугасодержащих селевых потоков с наносами, поступающие с верхней зоны реки, получением два патента, на изобретения за № 2141 «Сооружение для предотвращения заторооб-разований на реке», в 2019 и № 2250 «Гидротехническое сооружение для предотвращения заторооб-разований на реке», в 2021 году.
4. Предложена модернизация водораспределительного сооружения и dna русла от первой ступеньки выше сооружения до водопада, для предотвращения формирования заторов льда на р. Ала-Арча.
5. Предложен новый метод начального управления движением, так называемого языка селевого потока с помощью установленных ограничителей для отвода мутной субстанции от объекта по течению вдоль потока

сформированной, на что в 2019 году получен патент «Устройство для защиты от селевых потоков» за № 2140.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

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. E02B 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. Проскураков 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 Груз. ССР, 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 просм. 04.02.2023 г.)
40. <https://weather.rambler.ru/v-bishkeke/10-january/> (дата просм. 04.02.2023 г.)
41. <https://weather.rambler.ru/v-bishkeke/11-january/> (дата просм. 04.02.2023 г.)
42. <https://weather.rambler.ru/v-bishkeke/12-january/> (дата просм. 04.02.2023 г.)
43. <https://weather.rambler.ru/v-bishkeke/13-january/> (дата просм. 04.02.2023 г.)
44. <https://weather.rambler.ru/v-bishkeke/14-january/> (дата просм. 04.02.2023 г.)
45. <https://weather.rambler.ru/v-bishkeke/15-january/> (дата просм. 04.02.2023 г.)
46. <https://weather.rambler.ru/v-bishkeke/16-january/> (дата просм. 04.02.2023 г.)
47. <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=38353&month=1&year=2018>
(дата просм. 04.02.2023 г.)
48. Чугаев Р.Р. Гидравлика (Теническая механика жидкости). – Л.: Энергия. Ленинградское отделение, 1975. – 600 с., с ил.
49. Бийбосунов А.И. Исследование оползневых процессов и селевых потоков методами гидродинамики [Текст]. дис. др-а физ.-мат. наук 01.02.05 / А.И. Бийбосунов. – Бишкек, – 186 с.
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. Бексултанов Ж.Т. Методы математического моделирования для анализа и прогноза оползней гидродинамического типа на территории КР [Текст]: дис. канд. физ.-мат. наук 01.02.05 / Ж.Т. Бексултанов. – Бишкек, 2013. – 141 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 рек // 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. – 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 КГ Кыргызпатент, / Т. Жумаев, К.Ч. Кожогулов, Г. Дж. Кабаева; А. К. Орозбекова; А.Ш. Токтогулова; Сооружение для предотвращения заторообразований на реке. SU № 1313948 А1, 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 КГ 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.
93. Бийбосунов А.И., Орозобекова А.К. Применение гидродинамических методов в исследовании селевых и оползневых процессов. – Бишкек: Изд. ИВЦ УКЖД, 2003. – 95 с.
94. Шеко А.И., Постоев Г.Р., Кюнтцель В. Изучение режима оползневых процессов. – М.: Недра, 1982. – 225 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН
ӨЗГӨЧӨ КЫРДААЛДАР
МИНИСТРЛИГИ

ӨЗГӨЧӨ КЫРДААЛДАРГА
МОНИТОРИНГ ЖУРГУЗУУ,
БОЖОМОЛДОО ДЕПАРТАМЕНТИ

723500, Ош шаары, Мунинова көчөсү 11
Тел.: (03222) 73438, (0312) 439115
факс: (03222) 73438
э/с 4407011101001838

КР ФМ алдындагы Борбордук казыналыгы
БИК 440001, ИНН 00401200010021
E-mail: dep.monit@mail.ru
depmon@mail.ru



МИНИСТЕРСТВО
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

ДЕПАРТАМЕНТ МОНИТОРИНГА,
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

723500, город Ош, ул. Муниновой 11
Тел.: (03222) 73438, (0312) 439115
факс (03222) 73438
р/с 4407011101001838

Центральное казначейство при МФ КР
БИК 440001, ИНН 00401200010021
E-mail: dep.monit@mail.ru
depmon@mail.ru

27.11.2023 № 07-27/78
На № _____ от _____

Диссертационный совет Д.01.22.652
при Кыргызском государственном
техническом университете имени
Исхака Раззакова и Кыргызско-
Российском Славянском
университете имени Бориса Ельцина

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Настоящим подтверждаем, что результаты научного исследования Токтогуловой Айчурек Шеркуловны, приведенные в диссертационной работе на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы» на тему: «Разработка способов и устройств защиты от селевых потоков и заторов льда на реках Кыргызстана» представляют практический интерес и были внедрены в Департамент мониторинга, прогнозирования чрезвычайных ситуаций Министерства чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики

Результаты диссертационных исследований Токтогуловой Айчурек Шеркуловны позволили значительно расширить перечень значимых факторов и методические основы для исследования природных явлений на реке Ара-Ата в зимний и весенний периоды.



Директор

Д.Дж.Сакыев

Акти
Чтобы

**Акт внедрения результатов исследования в учебный процесс
КГТУ им. И. Раззакова**

«Утверждаю»

Проректор по научной работе
Кыргызского государственного
технического университета
им.И.Раззакова,
д.т.н., проф. Торобеков Б.Т.



2023 г.

Акт внедрения результатов диссертационной работы

Токтогуловой Айчурек Шеркуловны на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы» на тему: «Разработка способов и устройств защиты от селевых потоков и заторов льда на реках Кыргызстана»

- 1. Автор внедрения:** Токтогулова Айчурек Шеркуловна.
- 2. Наименование диссертационной работы:** «Разработка способов и устройств защиты от селевых потоков и заторов льда на реках Кыргызстана»
- 3. Краткая аннотация:** На территории Кыргызстана зимой и весной возникают такие опасные природные явления, как заторы, зажоры на реках, и как их следствие наводнение прибрежных территорий. Яркие примеры этих явлений имели место зимой 2012-2013, 2017-2018 годы, и повторились зимой 2022-2023, но значительно слабее. Например, в декабре 2018 года в г. Бишкек на реке Ала-Арча, вследствие ледохода и шугохода 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 гидротехническом водораспределительных сооружениях, где невозможно было применить для работы специальную технику. На этих опасных участках аварийные работы велись вручную.

Заторы бывают не только на реках Ала-Арча, но и на других реках на территории Кыргызской Республики. Но так как они протекают вдали от населенных пунктов или в горных ущельях, то заторы не несут действительной угрозы жителям нашей республики. Или 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).

4. Эффект от внедрения: Внедрение в учебный процесс Энергетического института Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова в качестве курса по выбору студентов, магистрантов и аспирантов по направлению 760300 «Техносферная безопасность», профиль «Защита в чрезвычайных ситуациях» позволит слушателям освоить знания и навыки по предотвращению чрезвычайных ситуаций на реках.

5. Место и время внедрения: Указанные результаты внедрены (использованы) в учебном процессе кафедры «Техносферная безопасность» в учебных годах с 2020 года по 2022 г. по дисциплинам «Мониторинг и предупреждение чрезвычайных ситуаций» и «Современные методы научных исследований», а также при выполнении студентами курсовых проектов, выпускных квалификационных работ и магистерских диссертаций.

6. Форма внедрения:

- чтение лекций и практические занятия по тематике работы во взаимосвязи с будущей профессиональной деятельностью обучающихся, введение новых теоретических и практических разделов;
- освоение новых методик исследования, анализа прикладных задач охраны окружающей среды.

Директор Энергетического института
доцент, к.т.н.



Тентиев Р.Б.

Заведующий кафедрой «Техносферная
безопасность» к.т.н., доцент



Омуров Ж.М.

Соискатель



Токтогулова А.Ш.

Подписи заверяю
Начальник УЧР

Мусаева А.К.





