

Устойчивая водохозяйственная инфраструктура для водной безопасности населенных пунктов, их населения и объектов экономики

Александр Мартусевич

Хочешь научиться управлять государством – научись прежде управлять водой.

Древняя китайская поговорка

1. Введение

1.1. Показатели водной безопасности населения, населенных пунктов и объектов их экономики

В связи с нарастанием водного стресса и рисков, связанных с обеспечением водой и негативным воздействием вод, ряд стран, включая Казахстан и Кыргызстан, занялся разработкой национальных наборов показателей водной безопасности (ВБ), имея в виду в дальнейшем проводить их регулярный мониторинг и оценку, чтобы своевременно выявлять негативные тренды и принимать меры по устранению их при-

Мартусевич Александр Петрович, экономист, старший приглашенный исследователь, Международный институт прикладного системного анализа (IIASA), Австрия, Лаксенбург.
E-mail: a_martusevich@mail.ru

С позиций обеспечения водной, продовольственной и энергетической безопасности, а также устойчивости к природным и рукотворным рискам многие виды водохозяйственных систем развиты явно недостаточно, а имеющиеся не всегда способны решать поставленные задачи, и это касается не только России. У этого есть как управленческие, так и финансовые причины.

Вопросы целесообразного распределения ответственности за водохозяйственные системы, критически важные для жизнедеятельности населенных пунктов, между уровнями публичной власти, публичным и частным сектором, и роли различных источников финансирования соответствующих затрат, в случае коммунального водоснабжения и водоотведения хорошо изучены, но применительно к таким водохозяйственным системам, как, например, сельское водоснабжение, многоцелевая водохозяйственная инфраструктура, системы защиты населенных пунктов и объектов экономики от негативного воздействия вод (включая защиту от снежных лавин, селей и оползней; коллекторно-дренажные системы; ливневую канализацию), они остаются недостаточно исследованными.

Методической основой поиска ответов на поставленные вопросы являются работы по национальным наборам показателей водной безопасности населения и поселений, на основе концепции «нексуса»; подходы и рекомендации авторитетных международных организаций, включая Глобальное водное партнерство, Европейскую экономическую комиссию ООН, ОЭСР (концепция «3Ts», рекомендации по воде, управлению водным сектором, участию частного сектора в инфраструктуре); а также собственный анализ особенностей предлагаемых водохозяйственной инфраструктурой, и релевантного опыта ряда стран. На этой основе в статье представлено авторское видение вариантов устойчивого системного решения указанных вопросов, предложено целесообразное распределение ответственности публичной власти разного уровня и других экономических агентов за финансирование капитальных и теку-

В данной статье представлено личное мнение автора, которое необязательно совпадает с мнением организаций, с которыми он аффилирован.

чин. В Кыргызстане эта работа велась при методологической поддержке Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) и затем Европейской экономической комиссии ООН, опираясь на подходы, ранее предложенные для межстрановых сравнений консультантами Азиатского банка развития [Asian Development Bank, 2017], с необходимыми уточнениями и дополнениями, отражающими особенности и приоритеты страны в области водной политики [Нацстатком, 2023].

Из всего набора показателей для целей данной статьи нас будут интересовать лишь компоненты, элементы и показатели, касающиеся водной безопасности населения, населенных пунктов и объектов их экономики. Они приведены в Приложении 1 и включают показатели, характеризующие:

- водную безопасность домохозяйств (питьевое и хозяйственно-бытовое водоснабжение, водоотведение и санитария);
- водную безопасность поселений (сел, городов) и объектов их экономики;
- защищенность поселений (населения) и экономики от негативного воздействия вод (ливни, снегопады, наводнения и подтопления, лавины, сели, оползни и т.д. – риски, уязвимость, возможности превентивных мер защиты и противодействия);
- общее состояние водных ресурсов и водохозяйственных систем (запасы пресной воды, в том числе возобновляемые, забор и использование, дефицит воды и т. п.) для снабжения населенных пунктов.

В данной статье оценка проблемных вопросов водной безопасности населенных пунктов, их населения и объектов экономики дана с позиций указанного набора показателей, который вполне применим к любой из стран СНГ. Поскольку (насколько известно автору), кроме Казахстана и Кыргызстана, другие соседние страны в настоящее время не имеют сводного набора показателей ВБ, подлежащих регулярному мониторингу, отдельные разрозненные показатели можно найти или рассчитать по данным государственной статистической и отраслевой отчетности (в том числе в жилищно-коммунальном хозяйстве, водопроводно-канализационном хозяйстве [ВКХ], санитарной и природоохранной).

1.2. Проблемные вопросы водной безопасности на основе опыта РФ и соседних стран

Анализ общего состояния дел в водно-хозяйственном комплексе (ВХК) и отдельных показателей ВБ показывает, что к типичным проблемным вопросам водной безопасности населения, населенных пунктов и объектов их экономики в России и других странах СНГ [Oshakbaev, Akisheva, Martoussevitch, 2021; Нацстоком, 2023; Мартусевич, Козельцев, 2024] относятся:

- низкое качество воды в некоторых источниках водоснабжения, отсутствие очистных сооружений, недостаточная очистка промышленных и хозяйственных сточных вод;
- недостаточно развитое централизованное водоснабжение и водоотведение (ВСиВО) и низкий охват населения услугами ВСиВО, особенно на селе¹, и (или) низкое качество услуг: давление, регулярность подачи воды, качество воды в точках разбора воды²;

1. Так, по данным Комитета Республики Казахстан по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства, на январь 2012 г. в Казахстане лишь 45% сельского населения имело доступ к системам централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения и только 9% сельского населения – к системам централизованного водоотведения. При этом в 153 селах (2,2% от общего числа сел) в качестве источника воды для питья использовалась привозная вода.

2. Что негативно отражается на здоровье населения – примером являются вспышки массовых заболеваний тифом, паратифом и гепатитом А в ряде населенных пунктов в южных областях Кыргызстана, см.: [Нацстоком, 2023].

щих затрат соответствующих видов водохозяйственной инфраструктуры.

Ключевые слова: водная безопасность; водная инфраструктура (водохозяйственные системы); устойчивость; устойчивое финансирование; распределение ответственности

Цитирование: Мартусевич А. П. (2025). Устойчивая водохозяйственная инфраструктура для водной безопасности населенных пунктов, их населения и объектов экономики. *Городские исследования и практики*, 10 (2), 84–108. <https://doi.org/10.17323/usp102202584-108>

- отсутствие (или недостаточная мощность) резервного источника: (а) водоснабжения крупного города (пример – город Астана, столица Казахстана) или (б) электроснабжения водохозяйственных систем (пример – сельское ВСиВО; крупные насосные станции);
- недостаточный объем стратегических запасов воды (в стране или в данном гидрографическом бассейне либо в регионе);
- высокий риск и слабая защищенность населенных пунктов и объектов их экономики от негативного воздействия вод, возникающего по природным (сель, сильный паводок и т. д.) или техногенным (ошибки в управлении гидротехническими сооружениями (ГТС); прорыв дамбы, разрушение плотины или селезащитных сооружений; отсутствие коллекторно-дренажной системы или ливневой канализации и т. п.) причинам. Отдельные примеры приведены для иллюстрации в разделе 2.1.

1.3. Постановка задач статьи и ее структура

К коренным причинам проблемных вопросов, перечисленных в разделе 1.2, помимо управленческих (неадекватность распределения обязанностей, слабое планирование и недостаточное ресурсное обеспечение планов; непрофессионализм, коррупция, халатность исполнителей и т. д.), следует отнести также финансовые: необеспеченность стабильного и достаточного финансирования затрат на развитие систем, капремонт и восстановление изношенных основных фондов. Здесь отметим, что вопросы о целесообразном распределении ответственности за водохозяйственные системы, критически важные для жизнедеятельности населенных пунктов, между уровнями публичной власти, публичным и частным сектором и роли различных источников финансирования соответствующих затрат неплохо исследованы для коммунального водоснабжения и водоотведения. Однако они остаются недостаточно исследованными применительно к другим водохозяйственным системам, как, например, сельское водоснабжение; многоцелевая водохозяйственная инфраструктура; системы защиты населенных пунктов и объектов экономики от негативного воздействия вод (включая защиту от снежных лавин, селей и оползней; коллекторно-дренажные системы, ливневую канализа-

цию). Данная статья призвана хотя бы частично заполнить имеющийся пробел применительно к последней группе систем.

1.4. Краткая характеристика используемых источников информации

В данной статье использованы открытые публикации, список которых приведен в конце статьи, а также известные автору разрозненные факты (со ссылками на публикации в интернете) ввиду отсутствия статистики по многим затронутым в статье аспектам водной безопасности (требуемые данные в открытом доступе нередко отсутствуют).

2. Примеры проблемных вопросов и гипотезы о причинах неудовлетворительного положения дел по рассматриваемым аспектам водной безопасности

2.1. Примеры

Из имеющегося множества примеров проблемных вопросов приведем лишь те, которые касаются негативного воздействия вод по природным или рукотворным причинам и вызывают – или способны вызвать – наиболее крупный вред и экономический ущерб.

2.1.1. Сели в Казахстане

К числу наиболее сильных и разрушительных следует отнести сели, которые сошли в бассейне реки Малая Алматинка в 1921 и 1973 годах, а также сель 1963 года, уничтоживший живописное озеро Иссык недалеко от г. Алма-Аты (см. Приложение 2). Все они, помимо экологического и экономического ущерба, привели к десяткам и сотням человеческих жертв. Обращение к истории имеет целью показать масштабы возможных негативных последствий, чтобы затем отметить некоторые сходства и различия в подходах к решению проблемы в 1960–1970-е годы и сегодня, – к сожалению, не всегда в пользу современности.

2.1.2. Катастрофические паводки

Одним из самых разрушительных наводнений в Евразии было, по-видимому, наводнение в 1931 году в Китае, которое случилось одновременно на реках Ян-

цы, Хуанхэ и Хуайхэ. Число погибших составило тогда, по оценкам, от 1 млн до 4 млн человек, что делает его одним из самых смертоносных наводнений за всю многотысячелетнюю историю Китая (в процентах от численности населения страны к ним относятся также давние наводнения, когда река Хуанхэ меняла свое русло (дважды), по ходу затапливая огромные территории, на которых был уничтожен почти весь урожай, и масса людей погибла не только от самого наводнения, но и от вызванного им голода).

На территории бывшего Союза и нынешних стран СНГ в последние полвека катастрофические паводки в разные годы случались многократно, в том числе на реках Сырдарья, Адагум, Амур, Ишим, Иртыш, Тобол и Урал. Вызванные природными факторами (затяжные ливни), иногда в сочетании с техногенными, они приводили к затоплению (или подтоплению) больших территорий и многих населенных пунктов, со значительным ущербом.

Сильнейший паводок на реке Сырдарья случился летом 1969 года, когда поступление воды в резервуар построенного буквально за год до того

Шардаринского водохранилища достигало 4210 м³ в секунду (почти вдвое больше, чем максимальный возможный объем сброса с его плотины). Его заполнение дошло до критического уровня, возник риск разрушения земляной плотины с неизбежными катастрофическими последствиями для двух областей Казахстана ниже по течению, и властям пришлось срочно организовать аварийный сброс около 20 км³ воды в ненаселенную Арнасайскую низменность в Узбекистане, где в результате образовались два озера общим объемом около 30 км³ (в настоящее время). Для справки: среднемноголетний годовой сток Сырдарьи в 1951–1974 годах составлял 37,2 км³.

Катастрофический паводок на реке Адагум в районе города Крымска⁴ (Краснодарский край). Это стихийное бедствие было вызвано проливными дождями, когда в течение 6–7 июля 2012 года количество выпавших осадков составило 3–5 месячных норм, что вызвало наводнения в городах Геленджике и Новороссийске и сильные паводки на реках края.

В городе Крымске и Крымском районе наводнение причинило наибольший по масштабу ущерб и привело к многочисленным человеческим жертвам: по официальным данным, погибли и пропали без вести 171 человек. Общий материальный ущерб в крае, по оценке министра финансов Краснодарского края И. Перонко, составил 20 млрд рублей.

Наводнение на реке Амур в 2013 году было вызвано сочетанием природных (затяжные ливни на водосборной территории Амура в России и в Китае в июле–сентябре 2013 года) и, как полагают специалисты, техногенных факторов (ошибки в управлении водохранилищами в верховьях и на притоках реки). По данным Института водных проблем РАН [Данилов-Данильян, Гельфан, 2014], в Амурской и Еврейской автономной областях, Хабаровском крае «были затоплены десятки населенных пунктов. Более 12 тыс. домов разрушены и более двух тысяч из них не подлежат восстановлению. По официальным данным, на середину октября 2013 года общее число пострадавших превысило 168 тыс. человек. Десятки тысяч человек переселены из зоны бедствия». Позднее общий ущерб оценили в 527 млрд рублей.

Рекордный паводок 2024 года в бассейнах ряда рек России и Казахстана (в том числе Иртыш, Ишим, Тобол, Урал). В частности, в Алтайском крае и Оренбургской области случились рекордные за последние годы наводнения. В Оренбургской области ущерб инфраструктуре был оценен более чем в 40 млрд рублей. В данном случае огромный ущерб стал результатом как природных, так и рукотворных факторов – прорыва плохо спроектированной (недостаточная высота) и еще хуже построенной дамбы в городе Орске, что приводит нас к следующей теме – аварий на ГТС, с акцентом на их рукотворных причинах.

2.1.3. Аварии на ГТС

Из недавних крупных аварий следует упомянуть аварию на Саяно-Шушенской ГЭС, вызванную ошибками управления ее турбинами и едва не закончившуюся крупномасштабной катастрофой для населенных пунктов ниже по течению; а также прорывы земляных дамб и плотин в России (дамбы на реках Ишим

3. http://www.cawater-info.net/bk/water_land_resources_use/docs/table2.pdf.

4. <https://ru.wikipedia.org/>.

Рис. 1. Затопление города Орска в результате прорыва дамбы (апрель 2024 г.)

Источник:
<https://ru.krymr.com/a/plotina-potok-proryv-damby-rossiya-orsk/32895894.html>.



Рис. 2. Затопление одного из сельских населенных пунктов в результате прорыва дамбы (Узбекистан, 2020)

Источник: «Вести в субботу» (Узбекистан). Режим доступа: <http://cawater-info.net/bk/dam-safety/sardoba.htm>.



и Урал), в Казахстане и Узбекистане, с большим числом пострадавших и значительным ущербом. Недавними примерами являются прорыв дамбы в городе Орске в 2024 году (рис. 1) и дамбы Сардобинского водохранилища⁵ в Сырдарьинской области Узбекистана, который произошел 1 мая 2020 года (см. рис. 2). При этом из 22 сел в трех районах было эвакуировано более 90 тыс. человек, четверо погибли, 56 человек были госпитализированы. Были повреждены здания, дороги, другие коммуникации.

5. Это водохранилище было построено в 2010–2017 гг., капитальные затраты составили 404,4 млн долларов в рублевом эквиваленте.

2.1.4. Другие примеры негативного воздействия вод природного и техногенного характера

Другими примерами связанных с водой опасных природных явлений, угрожающих населенным пунктам, являются сходы снежных лавин и оползни, например, в Киргизстане, где оползневой опасности подвержена третья территории страны.

Оползневая опасность высока также в Молдове, где оползни случаются практически ежегодно. В результате разрушаются и повреждаются жилые дома, нанося

ущерб в сумме, эквивалентной полному разрушению одного небольшого села ежегодно.

Ярким примером риска негативного воздействия вод по рукотворным причинам является провинция Льеж (Бельгия), в которой гидротехнически неграмотное закрытие бывших угольных шахт вызвало сначала проседание грунта на большой территории, а затем началось подтопление подземными водами. Для его предотвращения была создана сеть мощных насосных станций, которые непрерывно откачивают избыток подземных вод при их подъеме выше определенного уровня и сбрасывают откаченную воду в реки. В некоторых из них уровень воды оказался выше уровня земли после ее проседания – их берега на значительном протяжении огорожены бетонными дамбами. Соответствующие затраты несут вовсе не бывшие владельцы шахт, а все население провинции и публичная власть.

2.2. Гипотезы об основных причинах неудовлетворительного состояния дел по ряду аспектов водной безопасности населенных пунктов, их населения и объектов экономики

Не претендуя на полноту изложения, кратко обсудим основные причины отдельных проблемных вопросов, перечисленных в разделе 1.2.

Низкое качество воды в источниках хозяйственно-питьевого водоснабжения

Причинами невысокого – и нередко снижающегося – качества воды в ряде поверхностных водных объектов часто являются:

- диффузный сток (смык гумуса и агрехимикатов с сельхозугодий, а также смык загрязняющих веществ с селитебных территорий, промплощадок и дорожной сети, не оборудованных ливневой канализацией и очистными сооружениями);
- отсутствие очистных сооружений или недостаточная очистка промышленных и хозяйственных сточных вод;
- ненадлежащее обращение с жидкими бытовыми отходами в частном секторе с малоэтажной застройкой;
- несоблюдение режимов (а) водоохраных зон и (б) зон санитарной охраны водозаборов;
- снижение концентрации растворенного кислорода в воде в периоды экстремаль-

но высоких температур, что снижает ассимиляционный потенциал водных объектов.

Недостаточно развитое централизованное водоснабжение и водоотведение (ВСиВО) и низкий охват населения услугами ВСиВО, особенно на селе. Одной из причин является то, что ответственность за организацию ВСиВО возложена на ОМСУ, бюджетная обеспеченность которых обычно много ниже, чем в городах, при том что удельные затраты на одного жителя села, имеющего подключение к централизованному водоснабжению, заметно выше, чем в городах. Двигателем (драйвером) более высоких удельных капитальных затрат является большая протяженность уличной сети ввиду кратно более низкой плотности населения (данные по Молдове приведены на рис. 3). «Экономия от масштаба», которую имеют средние и крупные города, в малых городах и сельских населенных пунктах работает, увы, в противоположную сторону.

Другой причиной является использование при проектировании и строительстве сельских систем устаревших СНиПов (см. врезку 1).

Врезка 1. Совершенствование технического регулирования коммунального водоснабжения и водоотведения (ВСиВО) в части проектирования и строительства систем централизованного водоснабжения малой мощности в Кыргызстане

При проектировании и строительстве инфраструктуры ВСиВО в Республике Кыргызстан в течение более 25 лет (начиная с 1991 г.) использовались СНиПы и ГОСТы, разработанные и принятые в СССР в 1980-е годы и повсеместно применявшиеся на всей территории Советского Союза. Следующие нормы и правила считались основными методическими документами при проектировании и введении объектов инфраструктуры в секторе ВСиВО:

- СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения»;
- СНиП 2.04.01-85 «Внутренний водопровод и канализация зданий»;
- СНиП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения».

Указанные строительные нормы и правила для сектора ВСиВО не отвечают современной ситуации и приводят к неоправданно высоким капитальным и эксплуатационным затратам на инфраструктуру ВСиВО на селе.

Последствия продолжения использования устаревших СНиПов и ГОСТов отмечены ниже:

1. Дальнейшая ориентация на нормы водопотребления, закрепленные в указанных СНиПах, приводит к проектированию, утверждению и строительству инфраструктуры ВСиВО значительно более высокой мощности, чем требуется. Нормы, заявленные в СНиПах, предусматривают удельное водопотребление до 600 л на человека в сутки (л/с) в городах и до 150 л/с в сельских населенных пунктах, тогда как фактическое удельное водопотребление в селах Кыргызстана, где значительная часть населения получает воду через уличные водо-

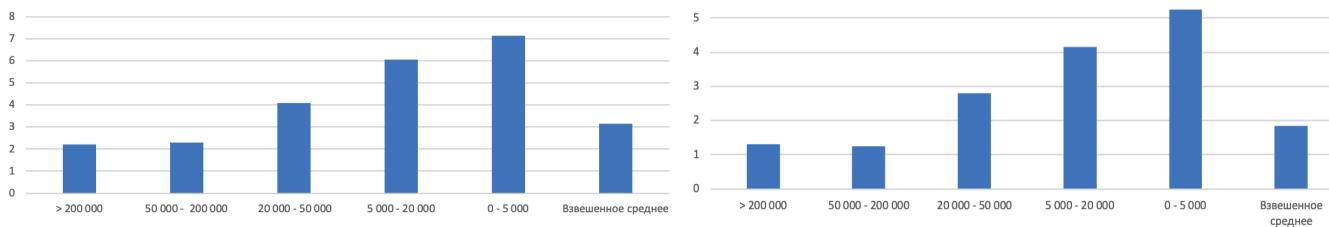


Рис. 3. Средняя длина уличной водопроводной и канализационной сети на одного обслуживаемого жителя в населенных пунктах Молдовы с разной численностью населения (в погонных метрах)

Источник: ОЭСР СРГ ПДООС (2008), Содействие диалогу по отраслевой политике и разработка национальной финансовой стратегии для городского и сельского водоснабжения и водоотведения в Молдове

разборные колонки, было существенно, подчас кратно, ниже. Кроме того, действовавшие нормы предъявляли высокие требования к водоснабжению в чрезвычайных ситуациях (например, прокладка водоводов в две линии, большая вместимость резервуаров, высокие требования к наличию запаса воды на нужды пожаротушения). Это приводило к созданию систем водоснабжения чрезмерно большой мощности, часто плохо функционирующих и крайне дорогостоящих с точки зрения капитальных и эксплуатационных затрат.

2. Отсутствие адекватных норм проектирования и строительства систем ВСиВО небольшой производительности в селах. В существующих СНиПах были закреплены положения, общие для городов и сельской местности. Соблюдение их положений приводило к значительному укрупнению небольших систем из-за высоких требований к расходам воды, наличию сети уличных пожарных гидрантов и запаса воды на пожаротушение.

3. Принятые в других странах передовые практики и новейшие технологии не могли быть прямо использованы в Кыргызстане, поскольку госорганы, выдававшие разрешения на строительство систем ВСиВО, ссылались и ссылаются исключительно на требования действующих нормативно-правовых актов, каковыми были СНиПы и ГОСТы. В частности, действовавшие устаревшие нормы не предусматривали использования новых современных технологий водоочистки – индивидуальных и коллективных (например, туалетных кабинок типа «Эко Сан», очистных сооружений блочного типа заводского изготовления, сконструированных водно-болотных угодий и т.д.), что препятствовало их повсеместному внедрению.

Источник: подготовлено автором на основе презентации В. Е. Борденюка на региональной конференции по итогам профинансированного Финляндией проекта FinWaterWEI-II (Бишкек, октябрь 2018 г.) и последующих интервью с ним.

Низкое качество водохозяйственных услуг

В части коммунального ВСиВО это давление, регулярность подачи воды, качество воды в точках разбора воды, что на прямую связано со здоровьем населения. Причины, которых также множество, включают:

- высокий износ основных фондов в ВХК и недостаток капвложений в их об-

новление, развитие, модернизацию и оптимизацию систем (которая весьма часто требуется);

- утрата значительной части кадрового потенциала ВХК;
- несовершенство технического, санитарно-гигиенического, природоохранного и экономического регулирования ВХК.

Высокий риск и ожидаемый рост повторяемости событий и величины вреда и ущерба от негативного воздействия вод в будущем. Одним из главных факторов этого является, конечно, изменение климата и рост волатильности (изменчивости) климатических параметров: колебаний температуры воздуха, объемов осадков и стока рек. Это уже выразилось в том, что при постепенном снижении объемов среднегодового стока пики на гидрографе многих рек⁶, особенно ледниково-снежного питания, стали выше, но с более узким основанием. В последние 15–20 лет в ряде стран и регионов СНГ заметно увеличилось число случаев либо сильного наводнения, либо сильной засухи.

Вторым фактором является старение и нарастание износа водохозяйственных систем и гидротехнических сооружений, построенных по большей части в 1950–1980-е годы.

Повышению риска негативного воздействия вод способствуют, в частности:

- вырубка лесов и кустарников на водосборной территории и в водоохранной зоне водных объектов;
- особенности полеводства – использование тяжелых гусеничных тракторов, которые уплотняют грунт, что резко ухудшает гидроморфологию почвы (снижает ее проницаемость для воды);
- отсутствие коллекторно-дренажных систем для отвода избытка грунтовых вод в населенных пунктах с высоким риском оползня;

6. Гидрограф реки – график изменения во времени расходов воды в реке или другом водотоке (за год или несколько лет, по сезонам года и по месяцам гидрологического года, в половодье или паводок и т.д.).

- увеличение доли поверхностей, не-проницаемой для воды (асфальт, бетон) в городах при крайне недостаточном развитии в них ливневой канализации, и ряд других факторов.

Заметим, что сказанное касается сложившейся практики земле- и лесопользования, управления и планирования, включая планирование зеленых зон и развития коллекторно-дренажных систем и ливневой канализации в населенных пунктах.

Слабости планирования, управления и исполнения являются, по мнению автора, корневой причиной части перечисленных выше и большинства остальных проблемных вопросов. Это касается управления как в ВХК, так и на стороне водопользователей. Так, причиной нехватки воды нередко является использование расточительно расходующих воду технологий полива, водоемких технологий в промышленности и оконечных бытовых сан-приборов.

А росту ожидаемого ущерба от негативного воздействия вод способствуют, в частности:

- несоблюдение запрета любого капитального строительства в красной зоне максимального риска затопления, например, в случае прорыва дамбы или плотины;

- слабое предвидение и недостаточное информационное обеспечение ЧС, связанных с водой: несвоевременность выявления ситуации высокого риска ЧС и (или) уведомления населения и местных органов власти о нем;

- недостаточное внимание к развитию инженерных систем защиты населенных пунктов и объектов экономики от негативного воздействия вод.

В этих условиях в целом трудно не ожидать увеличения как рисков, так и величины ожидаемого вреда и ущерба, в том числе от негативного воздействия вод, там и тогда, где и когда эти риски материализуются.

Такие вполне рациональные ожидания делают весьма актуальной задачу существенного повышения устойчивости как населенных пунктов, так и водохозяйственных систем (инфраструктуры), важной для их жизнедеятельности, к природным, техногенным и рукотворным рискам, связанным с водой, и снижения аварий на ГТС и в ВХК в целом.

3. Рекомендации по некоторым проблемным вопросам водной безопасности населения, населенных пунктов и объектов их экономики

3.1. Краткое представление концепций и методик, на основе которых сформулированы рекомендуемые пути и варианты решений проблемных вопросов

Во-первых, это анализ особенностей благ, предоставляемых водохозяйственной инфраструктурой, и рынка соответствующей продукции (товаров, услуг), которые определяют необходимость и способы его регулирования, и учет того, как эти особенности влияют на экономику и финансовое положение операторов соответствующих систем и на сектор в целом. Этот подход проиллюстрирован на примере ВСиВО в таблице 1.

Во-вторых, это релевантные концепции и рекомендации авторитетных международных организаций, включая ГВП, ООН (ЕЭК и Офис по снижению риска катастроф), ОЭСР. К ним относятся принципы: интегрированное (комплексное) управление водными ресурсами (ИУВР/КУВР) [Европейская экономическая комиссия ООН, ОЭСР, 2014], управление водным сектором [OECD, 2015] и участие частного сектора в инфраструктуре [OECD, 2007], «загрязнитель платит», «выгодополучатель платит»; концепция «3Ts»⁷ в отношении конечных источников финансирования водного сектора, а также ряд Рекомендаций Совета ОЭСР по воде [OECD, 2016] и по управлению инфраструктурой [OECD, 2020]. Эти рекомендации приняты на основе консенсуса стран-членов, их специалистов и политиков, они обобщают опыт более 30 высоко- и среднеразвитых стран мира, накопленный за многие десятилетия, который полезно учитывать. Также использованы выводы и рекомендации работ ряда авторов по государственно-частному партнерству в коммунальном секторе, включая ВСиВО. С указанными документами заинтересованный читатель может ознакомиться самостоятельно.

7. 3Ts обозначают Tariffs (тарифы), Taxes (налоги, то есть бюджетное финансирование из налоговых доходов), Transfers (трансферты).

Особенность блага и рынка продукции (товара, услуги)	Способ регулирования и (или) участия государства (если необходимы)	Влияние на экономику, риски и финансовое состояние сектора и его операторов
№ 1 Вода – жизненно важное благо, не имеющее сколько-нибудь полных заменителей, не говоря о совершенных	Санитарно-гигиеническое регулирование. Социальное измерение – господдержка	
2 Неконкурентность услуг централизованного ВСиВО	Техническое регулирование для обеспечения того, чтобы даже самый последний потребитель на конце трубы и на самом высоком этаже получал воду даже в часы пик Техническое регулирование (оптимизация капитальных и текущих затрат) и господдержка капвложений в секторе	- Затраты на выполнение требований регулирования (в том числе на создание и содержание «пиковых» мощностей); - господдержка в части капвложений и оплаты услуг ВСиВО уязвимыми группами населения
3 Инфраструктура ВСиВО – самая капиталоемкая* (в расчете на одного обслуживающего человека) из всех инфраструктурных секторов		
4 Эффект «экономии от масштаба» (деятельности)	- Поощрение «регионализации», расширения зон обслуживания отдельных операторов; - регулирование с целью недопущения злоупотребления рыночной властью «локальной монополией»	Целесообразность инвестиций в подключение новых абонентов и расширение зоны обслуживание на близлежащие территории, где есть достаточный объем спроса на услуги ВСиВО
5 Высокая степень уязвимости местных систем ВСиВО к неопределенности и рискам	Учет неопределенности и рисков при планировании модернизации и развития и в контрактах с операторами систем ВСиВО	
6 Особые формы конкуренции в секторе ВСиВО: нецелесообразность конкуренции на рынке, но возможность конкуренции за рынок	Выработка адекватных правил конкуренции за рынок, процедур и критериев выбора победителя в схемах государственно-частного партнерства	
7 Большие сроки службы и транзакционная специфичность активов ВСиВО (особенно основных средств)	Содействие применению сбалансированных контрактов между собственником и оператором системы ВСиВО	Важно для концессий ввиду риска значительных потерь концессионера в случае досрочного разрыва контракта. Осложняет также проблему залогов при привлечении заемных средств
8 Продукция сектора ВСиВО – это комбинация товара и услуги, частного и общественного блага	Обоснованность мер господдержки сектора, в первую очередь – в части капвложений	
9 Низкая эластичность спроса населения на воду по цене в краткосрочном периоде; но в долгосрочном периоде – высокая чувствительность спроса к мерам по управлению спросом	Признание объективных последствий мер по управлению спросом и их влияния на показатели работы оператора	Меры управления спросом приводят к падению физических объемов реализации воды, что заставляет поднимать тариф для покрытия затрат. С другой стороны, низкая эластичность спроса по цене позволяет некоторое время сохранять физические объемы реализации даже в периоды экономического спада и падения доходов и после повышения тарифов
10 Дilemma: неотъемлемое право человека на воду или исключаемость услуг водоснабжения и водоотведения	Меры адресной поддержки уязвимых групп потребителей и право операторов ограничивать подачу воды недисциплинированным платежеспособным абонентам	
11 Значительные физические (утечки) и коммерческие потери воды и нередкие протечки на канализационных сетях при сложности проведения технического аудита инженерных систем ВСиВО, большая часть которой находится под землей	Научно-техническая помощь в разработке методов обследования подземных коммуникаций	Использовать современные методы дистанционного контроля и обследования подземных коммуникаций (в том числе с помощью дронов, ультразвуковых расходомеров и т.п.)
12 Специфика структуры и учета затрат операторов	Применение единых правил учета затрат по переделам, не допуская намеренного завышения затрат по одному из переделов за счет снижения затрат по другому переделу с целью извлечения ренты	Высокая чувствительность затрат к ценам ключевых ресурсов, в том числе тарифам на электроэнергию, и к ставкам платы за землю и за негативное воздействие на окружающую среду

Таблица 1. Особенности рынка продукции (товаров, услуг) коммунального водоснабжения и водоотведения, которые определяют необходимость и способы его регулирования и влияют на экономику сектора и его операторов

Источник: разработка автора на основе статьи [Мартусевич, Мартусевич, 2010] и [ГВП Кыргызстана, 2022].

*По оценке ОЭСР, потребность в капзатратах в ВСиВО в два раза выше, чем в телекоме, железных и автодорогах и электросетях, вместе взятых.

Рекомендации

В данном подразделе вначале будут представлены общие рекомендации, которые могут быть полезными для всех стран СНГ, а также рекомендации для России относительно управления ГТС для повышения водной безопасности населенных пунктов, их населения и объектов экономики.

3.2.1. Общие рекомендации

(а) Укрепление информационной основы принятия обоснованных управленческих решений, включая мониторинг и оценку динамики показателей водной безопасности; своевременное выявление рисков и уведомление о них; системы сбора, хранения, обработки и анализа данных всех видов мониторинга водных ресурсов и объектов; о наличии и состоянии водохозяйственных сооружений и систем (инфраструктуры); о водопользователях и водопользовании, сбросах и многие другие, в том числе данные, необходимые для стратегического и среднесрочного планирования модернизации и развития водохозяйственных систем, необходимых для жизнедеятельности соответствующих населенных пунктов, состав которых зависит от принятого метода планирования. Для решения этой многокомпонентной приоритетной задачи требуется в основном политическая воля, организационные усилия и не столь значительные ресурсы: здесь способны помочь современные информационно-коммуникационные технологии, имеющиеся базы данных и автоматизированные системы сбора данных, геоинформационные системы и спутниковые снимки.

Примером может быть сель, случившийся в Республике Бурятия в 2010-х годах, который был вполне предсказуем, если бы своевременно были проанализированы космические снимки горных озер, на которых было видно, что после затяжных ливней в горах площадь их зеркала сильно увеличилась (у одного из них в 7 раз). И прорыв как раз одного из этих озер вызвал сель, который, по счастью, не принес разрушений и человеческих жертв. Такие снимки (за посильную плату) были получены от Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства США (NASA). Представляется, что Роскосмос вполне способен оказывать аналогичную услугу.

(б) Усиление предвидения (форсайта), который помогает работать на упрежде-

ние, системный подход к решению проблемных вопросов и совершенствование стратегического, среднесрочного и текущего планирования в ВХК в хорошей увязке с планом социально-экономического развития населенного пункта и региона (демография, водоемные предприятия, урбанизация) и планом соответствующего водохозяйственного участка или всего бассейна.

Обратимся к историческим примерам из раздела 2.1. В 1960-е – начале 1970-х годов исполнительная власть как минимум дважды, буквально за год до крупного ЧС, связанного с водой, крайне своевременно обеспечила создание объектов, которые помогли предотвратить большую беду. Имеется в виду строительство Шардаринской плотины и резервуара, который принял значительную часть катастрофического паводка на реке Сырдарье летом 1969 года, и строительство противоселевой плотины в урочище Медео, которое было завершено буквально за год до схода мощного селя летом 1973 года (см. Приложение 2). В последнем случае своевременность создания селезащитных сооружений помогло, вероятно, то, что невольным очевидцем катастрофы озера Иссык стал А. Н. Косыгин, который, как можно предположить, помог с оперативным выделением софинансирования из бюджета Союза на создание селезащитных сооружений (плотины, ловушек-барьеров), прикрывающих Алма-Ату от селей.

Полезным примером из прошлого является также то, что, памятую о селях 1921, 1963 и 1973 годов, исполнительная власть осознала, что задача защиты от селей в Казахстане требовала системного подхода и комплексных решений, которые были оперативно приняты, и уже в 1973 году было создано специализированное учреждение Казселезащита, занимающееся строительством и эксплуатацией селезащитных сооружений по всей республике.

Хотелось бы видеть аналогичные системные решения исполнительной власти в наши дни в ответ на регулярно повторяющиеся события с большим ущербом и нередко жертвами (см. разделы 2.1.2–2.1.3).

Общей же для прошлого и настоящего, застарелой проблемой являются недостатки (своевременность, полнота) информирования населения и местных органов власти о высоком риске и (или) о начале ЧС, связанного с водой.

(в) Адекватное распределение ответственности. Уровень публичной власти

Таблица 2.
Целесообразное распределение ответственности за финансирование затрат на планирование и капитальном строительстве, развитие, модернизацию и оптимизацию водохозяйственных систем
Источник: разработка автора.

Масштаб водохозяйственной системы	Примеры	Ответственность за финансирование затрат на планирование и капитальных затрат на строительство, развитие, модернизацию и оптимизацию данной системы
Национальный	Каналы для судоходства и межбассейновой переброски стока. Крупные ГЭС и каскады ГЭС	Бюджет страны при участии заинтересованных регионов
Бассейновый, межрегиональный и региональный	Водные пути межрегионального значения Каналы для внутри- и межбассейновой переброски стока (не отнесенные к национальной значимости). Системы защиты от негативного воздействия вод (бассейнового значения). ГЭС (не общенационального значения), кроме малых	Бюджеты заинтересованных регионов при поддержке из бюджета страны
Региональный и межмуниципальный	Межмуниципальные системы водоснабжения и водоотведения, включая очистные сооружения (пример – объединенные канализационные очистные сооружения в Калининградской области). Малые ГЭС	Региональный и местные бюджеты
Местные	Системы водоснабжения и водоотведения (в том числе хозяйственно-ливневая канализация и очистные сооружения). Защита от оползней (в том числе коллекторно-дренажные системы)	Местный бюджет (при поддержке регионального) и конкретные выгодополучатели (если они известны)
Малые групповые и индивидуальные системы	Скважины для водоснабжения (построенные в установленном порядке). Очистные сооружения блочного типа заводского изготовления	Водопользователи-выгодополучатели, возможно, при поддержке местного бюджета

и бюджетной системы, ответственной за планирование, организацию управления и финансирование капитальных затрат на строительство, развитие, модернизацию и оптимизацию той или иной водохозяйственной системы, зависит от того, является ли она местной или межмуниципальной, региональной или межрегиональной либо национальной. Целесообразное, по мнению автора, распределение ответственности представлено в таблице 2. При этом полагается:

- что подключение конкретных населенных пунктов к соответствующей системе должно финансироваться из регионального и местных бюджетов, а подключение конечных потребителей – из их средств как выгодополучателей, при возможной поддержке местного или регионального бюджета;

- и чем менее определен круг лиц, которые уже получают или могут получить в будущем выгоду от данной водохозяй-

ственной системы, тем большую долю затрат должен нести соответствующий бюджет более высокого уровня.

Тогда как ответственность за эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт соответствующей системы может быть возложена на публичного или частного оператора, в решении вопроса о выборе подходящей формы государственно-частного партнерства, оператора и договора с ним могут помочь соответствующие принципы ОЭСР [OECD, 2007], а также рекомендации, основанные на опыте разных стран [Marin, 2009; Сиваков, Маркварт, 2018] и др.

(г) Улучшение использования инструментов водной политики (экономических, административно-командных, информационных и поведенческих), в том числе для создания надлежащих стимулов к рациональному водопользованию, снижению рисков негативного воздействия вод и мобилизации финансовых ресурсов для ВХК.

(д) Обеспечение предсказуемого, стабильного и достаточного финансирования ВХК (через соответствующие инструменты и механизмы). Следуя [OECD, 2016], целесообразно принять стратегическое решение о соотношении конечных источников финансирования в концепции 3Ts – в разрезе текущих и капитальных затрат – и сделать обоснованный прогноз возможного изменения долей каждого источника во времени. Учитывая при этом, что многие блага, предоставляемые ВХК, имеют свойства как частного, так и публичного блага, то есть в большинстве случаев речь идет о целесообразном сочетании затрат потребителей (через цены и тарифы на водохозяйственные услуги) и бюджетных средств, включая капвложения и затраты на адресную социальную поддержку уязвимых домохозяйств, для обеспечения универсального права человека на воду нормативного качества по доступной цене.

Это можно сделать в рамках разработки финансовой стратегии (стратегии финансирования) ВХК, которая определит пути и возможности обеспечения долгосрочного стабильного, предсказуемого и достаточного финансирования ВХК, в первую очередь и в основном из выручки от оказания водохозяйственных услуг, а также из бюджетов всех уровней.

Что касается текущих затрат, то здесь главную роль может и должна сыграть тарифная политика и – на переходный период – меры господдержки (в форме поддержки населения по оплате ВСиВО или жилищно-коммунальных услуг в целом, а также в форме ассигнований на покрытие дефицита денежного потока операторов – государственной ирригационной сети, например). Вопросы грамотной тарифной политики рассматриваются во многих публикациях, к которым мы отсылаем заинтересованных читателей.

Более сложным является вопрос об обеспечении стабильного, предсказуемого и достаточного финансирования капитальных затрат ВХК. Ведь мало заявить о намерении развивать водную инфраструктуру и инженерные системы защиты населенных пунктов от негативного воздействия вод, необходимо создать соответствующие системы планирования, управления и финансирования этих весьма затратных мероприятий. С учетом актуальности задачи развития ВХК на предстоящие десятилетия на национальном уровне заслуживает внимания проработка такого варианта, как создание целевого бюджетного Фонда водной безопасности (по-

скольку ВБ нередко стоит в центре также продовольственной и энергетической безопасности). Источниками его формирования могли бы стать, например:

- акцизы на продукцию, которая вносит существенный вклад в диффузное загрязнение водных ресурсов (на арохимикаты, как во Франции; на синтетические моющие средства, моторные масла и т.д.);

- изъятие части водной и водно-земельной ренты в виде определенной (небольшой) доли поступлений по арендной плате или налогу на землю, уплачиваемых с (а) участков, расположенных в пределах водоохранных зон водных объектов (часто используемых в коммерческих целях) и (б) с орошаемых земель сельхозназначения (со ставкой налога или арендной платы, дополнительно дифференцированной по факту наличия или отсутствия коллекторно-дренажной системы). Для оценки величины этой ренты потребуется отдельное исследование;

- специальная надбавка «водной солидарности» в составе тарифов – на ВСиВО (опять-таки, по примеру Франции) и другие водохозяйственные услуги; введение такой надбавки отражало бы принцип солидарности тех, кто уже имеет доступ к централизованным системам ВСиВО и ирригации (созданным в основном за счет бюджета, то есть средств всего народа), с теми, кто пока такого доступа не имеет;

- поступления из бюджета страны в пределах ассигнований на развитие водохозяйственных систем и сооружений, выделенных в рамках национальных и региональных стратегий, программ, проектов и планов (отметим, что такие ассигнования могут проходить по статьям «Строительство» (в том числе обеспечение районов новой застройки инженерными сетями), «Образование», «Здравоохранение» и даже «Оборона», в бюджетных планировках по которым может быть предусмотрено, например, строительство туалета и душа в ряде сельских школ и (или) учреждений здравоохранения или локальных очистных сооружений в Н-ском военном городке и т. п.).

Такой целевой фонд целесообразно учредить отдельным законом (о водной безопасности, например), определяющим источники его формирования, допустимые цели и направления использования средств фонда. Имея стабильные и достаточно предсказуемые источники пополнения, фонд мог бы привлекать также средства возвратного финансирования, в том

числе путем выпуска «голубых» (водных), «зеленых» и «климатических» облигаций, размещаемых среди отечественных и иностранных инвесторов, выручка от размещения которых целевым образом направлялась бы на финансирование строительства, модернизации и развития водохозяйственных систем и объектов, адаптации ВХК к изменению климата и другие определенные законом целевые мероприятия.

Примечание: противники создания целевых бюджетных фондов обычно ссылаются на то, что их наличие не приветствует Международный валютный фонд. Однако решение задачи развития ВХК до уровня минимальных стандартов даже в развитых странах заняло десятилетия. Например, в сравнительно богатой Франции решение задачи (почти) полного охвата населения услугами централизованного водоснабжения и водоотведения заняло почти 45 лет, когда созрели условия для принятия национального закона, по которому помещение нельзя признать жилым, если в нем нет крана с холодной водой питьевого качества, умывальника и туалета со смывным бачком. Почему Франция управилась с этой задачей так (сравнительно) быстро, всего-то за полвека? Потому что еще в начале 1960-х в стране были созданы и до сих пор действуют целевые бассейновые фонды, которые позволили обеспечить стабильное, предсказуемое и достаточное финансирование капитрат в ВХК, включая ВСиВО, не зависящее от смены идеологических установок и индивидуальных предпочтений той или иной правящей коалиции или главы государства, ни тем более неких третьих лиц за пределами страны. А в странах с переходной экономикой и в развивающихся, с быстро растущим населением и экономикой, решение такой задачи может занять добрый век и более.

3.2.2. Дополнительные рекомендации для России в части ГТС

В России серия крупных природных и рукоизврных ЧС, связанных с негативным воздействием вод, заставила некоторых людей вообще усомниться в целесообразности строительства дамб, плотин и водохранилищ, если ими подчас из рук вон плохо управляют. Они полагают, что для решения задач продовольственной и энергетической безопасности страны будет лучше не препятствовать естественному стоку рек. Однако такое решение было бы

крупной ошибкой, поскольку, как уже было отмечено, с учетом влияния на гидрограф рек возросшей волатильности (колебаний) климатических параметров, увеличилась повторяемость и интенсивность сильных дождей и паводков, засух и экстремальных температур. А это увеличивает потребность (а) в создании запасов воды в водохранилищах сезонного и многолетнего регулирования и (б) в инженерных системах защиты от наводнений и подтоплений, селей и оползней.

Другое дело, что водой, соответствующими ГТС и другими водохозяйственными системами надо разумно управлять. В этой связи на рассмотрение и обсуждение предлагаются следующие взаимодополняющие управленческие и институциональные меры, выполнение которых требует в основном политической воли и не так уж много ресурсов:

1. Постановка адекватных целей управления водными ресурсами, водохозяйственными системами и ГТС. Представляется целесообразным, чтобы ими были цели, связанные с более полной обеспеченностью водой, продовольствием и энергоресурсами, улучшением показателей водной, продовольственной и энергетической безопасности поселений и регионов в соответствующем гидрографическом бассейне и страны в целом. Набор таких целей и показателей следует принять.

2. Задание адекватной целевой функции операторам (водохранилищ и ГТС). Их главными целями, за достижение которых поощряют в том числе рублем, а за недостижение – наказывают, должны стать: (а) надежное обеспечение водой потребителей; и (или) (б) предотвращение негативного воздействия вод либо минимизация последствий оного; и (в) другие цели и задачи водной, продовольственной и энергетической безопасности, при поддержании финансовой устойчивости оператора и устойчивости экосистем, связанных с водой (с дополнительными целями и задачами типа обеспечения судоходства, где применимо).

Положительным примером может служить французская Electricite de France, при корпоратизации которой национальным законом в отношении эксплуатации каскада из 17 водохранилищ и 10 генерирующих объектов в долинах Дюранса–Вердона в качестве главной на ближайшие полвека была определена именно задача (а) устойчивого водообеспечения муниципалитетов (хозпитьевое водоснабжение) и фермеров

(поливная вода) и (б) покрытия пиковых потребностей в электроэнергии в случае нехватки мощности других источников, а вовсе не максимизация прибыли оператора от выработки электроэнергии.

С противоположной стороны, опыт других стран (в том числе Токтогульской ГЭС в Кыргызстане) наглядно показывает огромный вред от изменения целевой функции оператора водохранилища изначально ирригационного назначения на выработку электроэнергии как главную цель.

Разумной альтернативой является полное покрытие обоснованных затрат на эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт основных фондов, а для частных инвесторов также – справедливая (с учетом рисков сектора) отдача на вложенный капитал. Если нынешние операторы⁸ не способны принять и соблюдать такие правила игры, пусть уйдут и займутся другими делами. На смену им надо будет найти или создать других операторов, с адекватными целями, задачами и ключевыми показателями деятельности.

3. Пересмотр правил управления водохранилищами и ГТС с принятием согласованных правил управления каскадами водохранилищ и ГЭС, особенно Волжско-Камского и Ангаро-Енисейского каскадов.

Эти правила должны заставить операторов в том числе (а) регулярно проводить технический аудит ГТС (оценку их безопасности) и (б) с упреждением создавать резерв емкости для приема большого паводка. А в случае Ангаро-Енисейского каскада – также обеспечить колебания уровня озера Байкал в пределах многовековых отметок естественных колебаний.

4. Выработать и утвердить правительством правила действий в периоды ЧС, связанных с водой, включая:

- раннее оповещение населения и организаций о риске паводка (селя, подтопления) или оползня путем рассылки СМС абонентам всех операторов и через уличные громкоговорители, с рекомендациями по мерам подготовки или заблаговременной эвакуации. Не следует перекладывать эту обязанность на региональные и местные власти. Это должно быть задачей отдельного федерального органа (типа Совинформбюро военных времен) на стыке полномоч-

ний Росгидромета, Росводресурсов и МЧС;

- создание и порядок использования резервов материально-технических средств на случай таких ЧС (от запасов питьевой воды, продовольствия и плавсредств для эвакуации людей, их домашнего скота и животных до запасов песка, мешков и т.д.);
- заблаговременное оповещение о риске сильной засухи (нехватки воды) и снижения объемов подачи поливной воды, с настоятельными рекомендациями сельхозпроизводителям об изменении структуры посевов;
- правила ограничения подачи воды определенным группам потребителей в периоды острой нехватки воды, с определением приоритетных групп и видов водопользования (хозытовое водоснабжение населения и социальных объектов, санитарные и экологические попуски) и тех, кому подачу могут ограничить или вообще временно прекратить. Эта информация поможет экономическим агентам заранее учесть риски и предусмотреть запасные источники водоснабжения (собственные скважины и т.п.).

5. Внести изменения в нормы проектирования и строительства объектов критической инфраструктуры, в том числе (а) насосных станций, трансформаторных подстанций и т.д. – с требованием размещения этих объектов в местах и на отметках, где они не будут разрушены селем или оползнем, затоплены или подтоплены даже в случае очень сильного паводка, который случается раз в 100–200 лет, и (б) дамб (материал, конструкция).

6. Рекомендуется также предусмотреть:

6.1. Помимо регулярного обновления Схем комплексного использования и охраны водных объектов дополнительно разработку плана адаптации ВХК к изменению климата и плана защиты населенных пунктов и объектов экономики от негативного воздействия вод.

6.2. Создание, где возможно и целесообразно, резервуаров – контррегуляторов (типа Коксарайского контррегулятора в бассейне Нижней Сырдарьи) для приема избытка воды при паводке, с последующим ее использованием, в том числе на полив в вегетационный период.

8. РусГидро, Интер Рао, Еп+, кто угодно еще.

6.3. Возможности сброса избытка воды при сильном паводке: на заливные луга и (или) в ненаселенные понижения на рельефе местности⁹ и закачку воды в подземные горизонты, выработанные шахты и т.п. (где таковые имеются).

6.4. Запрет на капитальное строительство в красной зоне наиболее высокого риска ЧС, связанных с негативным воздействием вод, и обязательное страхование капитальных объектов и имущества в оранжевой зоне существенного риска.

6.5. Развитие или создание коллекторно-дренажных сетей, ливневой канализации в поселениях (данная мера требует тщательного определения приоритетов и планирования, так как является весьма затратной, а ее выполнение займет десятилетия).

7. Кроме того, на этапе планирования строительства новых крупных ГТС (плотин, дамб) и водохозяйственных систем и проектирования соответствующих объектов целесообразно:

- помимо процедуры оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) законодательно предусмотреть более широкую процедуру оценки социально-экономического воздействия планируемых объектов и капиталовложений (чистый выигрыш экономики и общества), учета и оценки всех значимых положительных и отрицательных внешних эффектов (экстерналий)¹⁰, выявления групп экономических агентов, которые выигрывают и проигрывают от создания планируемого объекта или системы¹¹;

- разработать меры полной (и с избытком – за счет перераспределения части общего чистого выигрыша) компенсации тем, кто понесет потери.

8. Само собой, обеспечить стабильное достаточное и результативное финансирование водохозяйственного комплекса (см. пункт д в разделе 3.2.1).

9. В контексте информационной политики о состоянии гидротехнических сооружений представляется целесообразным обеспечить более высокий уровень профессионального и объективного освещения причин аварийных ситуаций на водохозяйственных объектах. Публичные объяснения должны основываться на ре-

зультатах экспертных оценок и технических расследований, а не на предварительных версиях, не имеющих достаточного научного обоснования. События, подобные наводнению в Орске, вызывают закономерные вопросы общественности о качестве строительства, эксплуатации и контроля безопасности гидротехнических сооружений. Прозрачность и достоверность информации о причинах инцидентов необходимы для укрепления доверия к системе управления водохозяйственной инфраструктурой и повышения ответственности всех участников данного процесса.

И в заключение: для обеспечения системного подхода к созданию инженерных систем защиты населенных пунктов, их населения и объектов экономики от негативного воздействия вод (селей, оползней, снежных лавин, сильного паводка и т.п.) рекомендуется рассмотреть целесообразность определения (создания или назначения) организации, ответственной за планирование, проектирование и строительство таких систем на территориях высокого риска подобных явлений и значительного ожидаемого ущерба. В предположении, что годовой бюджет такой организации составил бы, например, 11 млрд. рублей в год в ценах 2013 года (что в 50 раз меньше ущерба от одного только паводка 2013 года в бассейне реки Амур), его хватило бы на создание десятка защитных дамб или резервуаров для приема паводка. На горизонте 10–15 лет сумма предотвращенного ущерба многократно превысит расходы данной организации.

- доходяйственных услуг», <https://www.keu.kg/site/menu-detail?mid=183>.
- Европейская экономическая комиссия ООН, ОЭСР. (2014). Интегрированное управление водными ресурсами в Восточной Европе, на Кавказе и в Центральной Азии: Национальные диалоги по водной политике Водной инициативы Европейского союза. Отчет о прогрессе 2013 (ECE/MP.WAT/44). Нью-Йорк и Женева: ООН. Режим доступа: https://unece.org/DAM/env/water/publications/NPD_IWRM_study/ECE_MP.WAT_44_iu.pdf.
- Мартусевич, А.П., & Козельцев, М.Л. (2024) ЭКИ 1: Водохозяйственные системы. Практический пример 1: Проблемы водного хозяйства Центральной Азии и возможные направления их решения. Бишкек.
- Мартусевич, А.П., & Мартусевич, Р.А. (2010) Особенности ВХХ, определяющие сложности регулирования и создания рынка в отрасли. Вестник РАВВ, (6).
- Мартусевич, А.П., & Мартусевич Р.А. (2024) О концептуальных основах учебного курса «Вопросы экономики опорной и критической инфраструктуры». Бишкек.
- Мартусевич, Р.А., Сиваев, С.Б., & Хомченко, Д.Ю. (2006) Государственно-частное партнерство в коммунальном хозяйстве. Москва: Фонд «Институт экономики города», 2006. Режим доступа: https://urbanconomics.ru/sites/default/files/3432_import.pdf.
- Нацстаком, К.Р. (2018, 2023). О разработке национальных показателей водной, продовольственной и энергетической безопасности Кыргызской Республики. Режим доступа: <https://stat.gov.kg/media/publicationarchive/6cb1934c-e4f5-483c-8eaе-се0363f1cf01.pdf>.
- ОЭСР (2018). Повышение роли Шардаринской многоцелевой водохозяйственной инфраструктуры в Казахстане. Париж: OECD Publishing, <https://doi.org/10.1787/9789264310063-ru>.
- Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде (2022). Международные принципы надлежащей практики в сфере устойчивой инфраструктуры. Найроби. Режим доступа: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/39811/infrastructure_practices2_RU.pdf.
- Сиваев, С.Б., & Маркварт, З. (2018). Государственно- и муниципально-частное партнерство в России и за рубежом: учебное пособие. Москва: Издательский дом «Дело» РАНХиГС.
- Asian Development Bank (2017). Asian water development outlook 2016: Description of methodology and data. Manila: Asian Development Bank, <http://dx.doi.org/10.22617/RPT178628-2>.
- Marin, P. (2009). Public-private partnerships for urban water utilities: a review of experiences in developing countries (Trends and policy options, No. 8). Washington, DC: World Bank. Режим доступа: <http://documents.worldbank.org/curated/en/984921468182666780>.
- Naughton, M., DeSantis, N., & Martoussevitch, A. (2017). Managing multi-purpose water infrastructure: A review of international experience (OECD Environment Working Papers, No. 115), Paris: OECD Publishing, <https://dx.doi.org/10.1787/bbb40768-en>.
- OECD (2007). OECD Principles for Private Sector Participation in Infrastructure. Paris: OECD Publishing, <https://doi.org/10.1787/9789264034105-en>.
- OECD (2015). OECD Principles on water governance. Режим доступа: [https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/topics/policy-sub-issues/water-governance/oecd-principles-on-water-governance-en.pdf](https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/topics/policy-sub-issues/water-governance/oecd-principles-on-water-governance-en.pdf/_jcr_content/renditions/original./oecd-principles-on-water-governance-en.pdf).
- OECD (2016). Recommendation of the council on water, <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0434>.
- OECD (2020). Recommendation of the council on the governance of infrastructure. Режим доступа: <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0460>.
- Oshakbaev, D., Akisheva, Z., & Martoussevitch, A. (2021). Developing a national water security indicators framework in Kazakhstan (OECD Environment Working Papers, No. 177). Paris: OECD Publishing, <https://doi.org/10.1787/9ce9aa8c-en>.
- UN (2015). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030, <https://www.unrr.org/media/16176/download?startDownload=20250114>.
- UNECE & OECD (2014). Integrated Water Resources Management in Eastern Europe, the Caucasus and Central Asia (ECE/MP.WAT/44), https://unece.org/DAM/env/water/publications/NPD_IWRM_study/ECE_MP.WAT_44_en.pdf.

SUSTAINABLE AND RESILIENT WATER INFRASTRUCTURE FOR WATER SECURITY OF SETTLEMENTS, THEIR POPULATION AND ECONOMIC ASSETS

Alexander P. Martusevich, economist, Guest Senior Research Scholar, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg, Austria.

E-mail: a_martusevich@mail.ru

Many water infrastructure systems are underdeveloped and are not always capable of ensuring water, food, or energy security, and may not be resilient to natural and man-made risks. This can be attributed to both managerial and financial reasons.

While the distribution of responsibilities for municipal water supply and wastewater disposal has been well studied, these issues remain insufficiently explored for other types of water systems critical to communities. These include multi-purpose water infrastructure (MPWI), rural water supply, and systems for protecting settlements and economic assets from the negative impacts of water (such as avalanches, mudflows, landslides, collector-drainage systems, and storm-water sewers). The methodological basis for addressing these questions is drawn from research on national water security indicators based on the "nexus" concept; the approaches and recommendations of authoritative international organizations, including the Global Water Partnership, UNECE, and the OECD (e.g., the "3Ts" concept and recommendations on private sector participation); as well as the authors' analysis of the specific benefits provided by water infrastructure and the experiences of several countries. The article presents the author's vision of options for sustainable, systemic solutions to these issues. It proposes an appropriate distribution of responsibility among different levels of public authorities and other economic agents for financing the capital and operating costs of various types of water infrastructure.

Keywords: water security; water infrastructure (systems); resilience; sustainable financing; shared responsibility

Citation: Martusevich, A.P. (2025). Sustainable and resilient water infrastructure for water security of settlements, their population and economic assets. *Urban Studies and*

Practices, 10(2), 84–108. <https://doi.org/10.17323/usp102202584-108>.

References

- Asian Development Bank. (2017). *Asian Water Development Outlook 2016: Description of Methodology and Data*. Manila: Asian Development Bank, <http://dx.doi.org/10.22617/RPT178628-2>.
- Global Water Partnership of Kyrgyzstan (2022). *Uchebnyj modul' 2: "Osobennosti rynka wody I regulirovaniya wodokhozyajstvennyh uslug"* [Training module 2: "Specificities of the water market and regulation of water services"]. Retrieved from: <https://www.keu.kg/site/menu-detail?mid=183>.
- Marin, Philippe (2009). Public-private partnerships for urban water utilities: a review of experiences in developing countries. *Trends and policy options*, no 8. Washington, DC: World Bank. Retrieved from: <http://documents.worldbank.org/curated/en/984921468182666780>.
- Martusevich, A.P., & Kozeltsev, M.L. (2024). *EKI 1: wodokhozyajstvennye sistemy: Prakticheskij promer 1: Problemy wodnogo hozyastva Tsentral'noj Azii I vozmozhnyje napravleniya ih resheniya* [Water systems. Case study 1: Water issues in Central Asia and possible ways to address them]. Bishkek.
- Martusevich, A.P., & Martusevich, R.A. (2010). *Osobennosti VKH, opredelyushchie slozhnosti regulirovaniya i sozdaniya rynka v otrassli* [Specificity of WSS determining the complexity of its regulation and of market creation in the sector]. *Vestnik RAWW* [RAWW Bulletin], 6.
- Martusevich, A.P., & Martusevich, R.A. (2024). *O kontseptual'nyh osnovah uchebnogo kursa "Vorporosy ekonomiki opornoj I kriticheskoj infrastruktury"* [On conceptual background of training course "Economics of supporting and critical infrastructure"]. Bishkek.
- Martusevich, R.A., Sivaev, S.B., & Khomchenko, D. Yu. (2006). *Gosudarstvenno-chastnoye partnerstvo v kommunal'nom hozajstve* [Public-private partnership in the municipal utilities sector]. Moscow: Fond Institut Ekonomiki Goroda [Institute of Urban Economics], https://urbaneconomics.ru/sites/default/files/3432_import.pdf.
- National Statistics Committee of Kyrgyzstan (2018, 2023). *O raz-* rabotke natsional'nyh pokazatelej wodnoj, prodovolstvennoj i energeticheskoy bezopasnosti Kyrgyzskoj Respubliki [On Developing a National Framework for Water, Food and Energy Security Indicators in the Kyrgyz Republic]. Retrieved from: <https://stat.gov.kg/media/publicationarchive/6c-b1934c-e4f5-483c-8eae-ce0363f-1cf01.pdf>.
- Naughton, M., DeSantis, N., & Martoussevitch, A. (2017). Managing multi-purpose water infrastructure: A review of international experience, *OECD Environment Working Papers*, no 115, Paris: OECD Publishing, <https://dx.doi.org/10.1787/bbb40768-en>.
- OECD (2007). *OECD Principles for Private Sector Participation in Infrastructure*. Paris: OECD Publishing, <https://doi.org/10.1787/9789264034105-en>.
- OECD (2015). *OECD Principles on Water Governance*. Retrieved From: [https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/topics/policy-sub-issues/water-governance/oecd-principles-on-water-governance-en.pdf](https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/topics/policy-sub-issues/water-governance/oecd-principles-on-water-governance-en.pdf/_jcr_content/renditions/original./oecd-principles-on-water-governance-en.pdf).
- OECD (2016). *Recommendation of the Council on Water*, <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0434>.
- OECD (2018). *Strengthening Shardara Multi-Purpose Water Infrastructure in Kazakhstan*, *OECD Studies on Water*. Paris: OECD Publishing, <https://doi.org/10.1787/9789264289628-en>.
- OECD (2020). *Recommendation of the Council on the Governance of Infrastructure*. Retrieved from: <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0460>.
- Oshakbaev, D., Akisheva, Z., & Martoussevitch, A. (2021). Developing a national water security indicators framework in Kazakhstan. *OECD Environment Working Papers*, no. 177. Paris: OECD Publishing, <https://doi.org/10.1787/9ce9aa8c-en>.
- Sivaev, S.B., & Markwart, E. (2018). *Gosudarstvenno- i munitsipalno-chastnoye partnerstvo v Rossii i za rubezhom* [Public-private partnership in Russia and abroad]. Moscow: Izdatel'skij dom "Deleno" RANHiGS [Deleno Publishers of RANEPA].
- UN (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030*. Retrieved from: <https://www.undrro.org>.

org/media/16176/download?start-
Download=20250114.
UNECE & OECD (2014). Integrated
Water Resources Management in
Eastern Europe, the Caucasus and
Central Asia (ECE/MP.WAT/44).

Retrieved from: [https://unece.org/
DAM/env/water/publications/NPD_
IWRM_study/ECE_MP.WAT_44_en.pdf](https://unece.org/DAM/env/water/publications/NPD_IWRM_study/ECE_MP.WAT_44_en.pdf).
United Nations Environment Programme
(2022). *International Good
Practice Principles for*

Sustainable Infrastructure.
Nairobi.

Приложение 1. Разработанные в Кыргызской Республике компоненты, элементы и показатели водной безопасности населения, населенных пунктов и объектов их экономики

Nº	Компонент, элемент	Показатель
Компонент 1. Водная безопасность домохозяйств (питьевое и хозяйствственно-бытовое водоснабжение, водоотведение (ВСиВО) и санитария)		
1	Физическая доступность воды	Процент домохозяйств, не имеющих доступа к воде питьевого качества для хозяйствственно-бытовых нужд (в том числе питье, приготовление пищи, гигиена) из источника водоснабжения, расположенного на расстоянии не более 100 м от жилища Обеспеченность многоквартирного жилого фонда (% от общей площади жилфонда): - водопроводом; - канализацией Число (или процент) дворов/домохозяйств, подключенных к: - водопроводу; - канализации Источники водоснабжения домохозяйств (кран в доме, уличная колонка, собственная скважина, колодец, родник и т.п.) Обеспеченность домохозяйств системами водоотведения (доля домохозяйств, которые пользуются канализацией, септиком, туалетом с покрытой выгребной ямой и т.п.) Прерывание водоснабжения домохозяйств и водоотведения по причине физического износа систем ВС и ВО (число случаев, средняя продолжительность) Институциональная или финансовая неустойчивость оператора системы ВСиВО (число или процент операторов, не функционирующих по этим причинам) Прерывание водоснабжения из-за нехватки или неудовлетворительного качества воды в источнике (число случаев, средняя продолжительность) Аварии на системах ВСиВО Процент проб воды в точках разбора воды, отвечающих стандарту (нормативу) качества питьевой воды по показателям: - микробиологические (БАК); - физико-химические Число случаев и число заболевших – по видам острых и хронических заболеваний
1.2	Надежность водоснабжения	Процент домохозяйств, расходующих на ВС более 2,0% своего располагаемого дохода и более 3,5% – на ВСиВО
1.3	Высокий риск нарушения ВСиВО	Процент потерь и неучтенных расходов воды (физические и коммерческие потери) в коммунальных системах хозяйственного водоснабжения
1.4	Показатели безопасности воды	Удельное потребление воды – в литрах на человека в сутки (лчс) Удельный расход электроэнергии на 1 м ³ воды, доставленной потребителям Удельный расход электроэнергии на 1 м ³ принятых сточных вод
1.5	Риск заболеваний, связанных с водой низкого (непитьевого) качества	
1.6	Финансово-экономическая (ценовая) доступность ВСиВО	
1.7	Прочие факторы, определяющие водную безопасность домохозяйств	

Компонент 2. Водная безопасность поселений (сел, городов)

2.1	Наличие в поселении и устойчивая работа систем	Наличие резервного источника водоснабжения и энергоснабжения системы ВСиВО (процент систем ВСиВО, имеющих резервный источник(и) водоснабжения и энергоснабжения, и процент населения, обслуживаемого системами с резервными источниками)
2.2	Готовность обеспечить водоснабжение населения и социальных объектов в период ЧС	Наличие резервных источников водоснабжения и средств доставки воды в случае ЧС

Компонент 3. Водная безопасность основных отраслей экономики (сельское хозяйство, энергетика, промышленность, сфера услуг (в том числе туризм))

3.1	Наличие (и степень развития) инфраструктуры водоснабжения отраслей экономики и ее устойчивость к изменению климата и природным катаклизмам	Наличие у предприятий и организаций отрасли собственных водозаборов, систем водо подготовки, сбора и очистки сточных, ливневых и дренажных вод (в процентах от общего числа предприятий и организаций отрасли)
3.2	Эффективность использования водных ресурсов водоемками отраслями экономики	Потери воды при транспортировке по трубопроводам и открытым каналам (утечки, фильтрация, испарение), тыс. м ³ в год Удельные расходы воды на выпуск единицы продукции – по основным видам продукции (м ³ на единицу выпуска в натуральных показателях и м ³ на 1 тыс. сом реализованной продукции)

Компонент 4. Защищенность поселений (населения) и экономики от негативного воздействия вод (ливни, снегопады, наводнения и подтопления, лавины, сели, оползни и т.д.), риски, уязвимость, возможности превентивных мер защиты и противодействия

4.1	Система раннего предупреждения и информации	Эффективная система раннего предупреждения (процент поселений, предприятий и организаций, охваченных такой системой)
4.2	Эффективно действующая система защиты от негативного воздействия вод (паводки, оползни, сели и т.д.)	Число случаев ЧС, связанных с негативным воздействием вод, численность пострадавшего населения и величина ущерба от ЧС (млн сом). Число поселений в зоне высокого риска негативного воздействия вод и численность проживающего в них населения, в том числе поселения и население в зоне действия систем селезащиты, противопаводковых дамб и оборудованных системой дренажа и ливневой канализации
4.3	Безопасность ГТС: техногенные катастрофы	Число аварий на ГТС и сумма ущерба от аварий (млн сом) Численность населения и стоимость имущества (млн сом) в зоне затопления в случае разрушения ГТС
4.4	Прочие факторы, определяющие водную безопасность поселений	Наличие в поселении системы сбора и отвода ливневых вод, коллекторно-дренажной системы (число поселений, имеющих такие системы)

Компонент 6. Общее состояние водных ресурсов и водохозяйственных систем (запасы пресной воды, в том числе возобновляемые, забор и использование, дефицит воды и т. п.)

5.1	Наличие достаточных запасов водных ресурсов в водоисточниках, водотоках, водохранилищах и иных водоемах для обеспечения водой вовремя и в требуемом объеме	Наличие и объем стратегических запасов воды (млн м ³) Степень заполнения гидроаккумулирующих емкостей (процент) и объем накопленной в них воды (млн м ³): - в периоды засухи и маловодья; - в средние по водности годы
5.2	Отсутствие водного стресса в основных гидрографических бассейнах	Бассейны в состоянии водного стресса (площадь водосборной территории, тыс. км ² ; объем водных ресурсов в средние по водности годы, млн м ³)

Источник: [Нацстатком, 2021], где приведен полный перечень показателей водной безопасности Кыргызской Республики.

Приложение 2. Примеры катастрофических селей в Казахстане

Сель 1921 года

Селевой поток сошел 8 июля 1921 года по руслу горной речки Малая Алматинка.

В результате катастрофы пропало без вести около 500 человек, было найдено 149 трупов (из них 63 детских), еще 80 человек получили раны, ушибы. Разрушены десятки жилых домов, хозяйственных построек и объектов экономики. Всего пострадали 500 семей с общим числом 3000 человек (7% тогдашнего населения города) и до четверти всех построек города. Улицы города были завалены валунами (см. рис. П1).

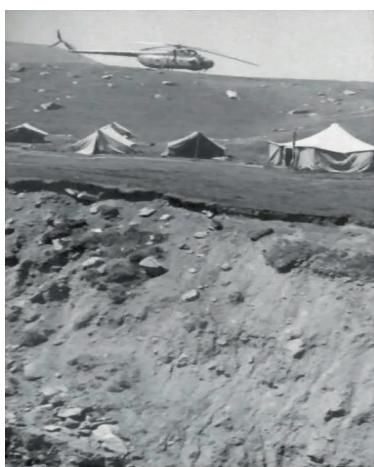


Рис. П1. Вид одной из улиц города Алма-Ата после селя 1921 г.

Источник: <https://fergana.agency/photos/122396/>.

Сель 1973 года в бассейне реки Малая Алматинка¹²

Сель обрушился жарким летом 1973 года, в выходной день, 15 июля, ранним вечером. Прорвало естественную плотину из льда и камней (морену) высокогорного озера №2, расположенного на высоте 3500 м над уровнем моря на леднике Туюксу. Образовавшийся мощный селевой поток устремился вниз, в несколько секунд прорвал легкую плотину в урочище Мынжилки, в считаные минуты разрушил мощные селезащитные ловушки (проницаемые для воды барьеры) по руслу реки Малая Алматинка и превратил в руины турбазу «Горельник» (находившиеся там туристы погибли). Фото, приведенные на рис. П2 и П3, наглядно показывают картину произошедшего и вызванные селем разрушения.



Каньон, прорезанный в горном ущелье селевым потоком



Обломки одной из селезащитных ловушек, полностью разрушенных селевым потоком

12. Данный подраздел подготовлен на основе и с использованием материала «Дни и ночи мужества», <https://history-foto.livejournal.com/150551.html>.



Вид селевого потока на пути к плотине

Рис. П2. Сель 1973 г. в бассейне реки Малая Алматинка и причиненные им разрушения

Источник: <https://history-foto.livejournal.com/150551.html>.

Примечание: высоту головы селевого потока, состоявшего из воды, валунов, камней и грязи, обломков деревьев, который несся вниз со скоростью около 200 км/ч, можно оценить, сравнив ее с высотой тянь-шаньских елей, вблизи от надвигающейся стены (фото слева): спелая тянь-шанская ель достигает 60 м в высоту¹³.

Размеры принесенного селем валуна на руинах турбазы (фото справа) можно оценить, сравнив их с высотой стоящего рядом человека.

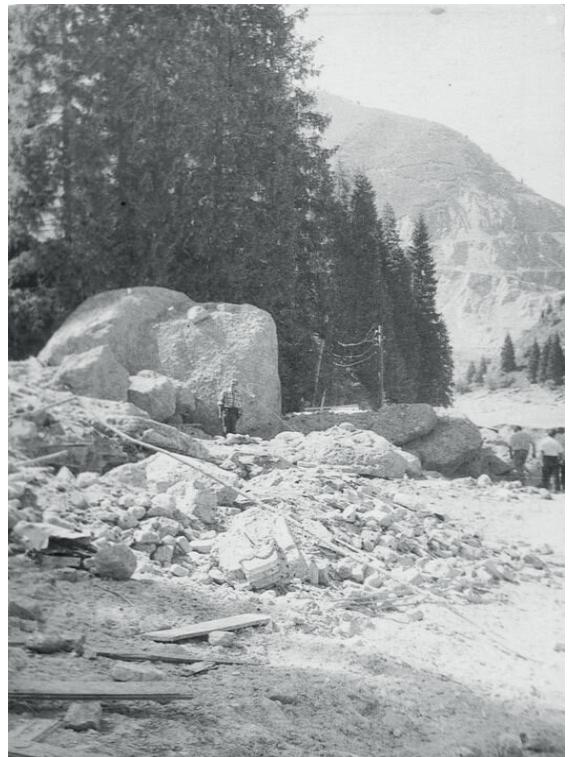


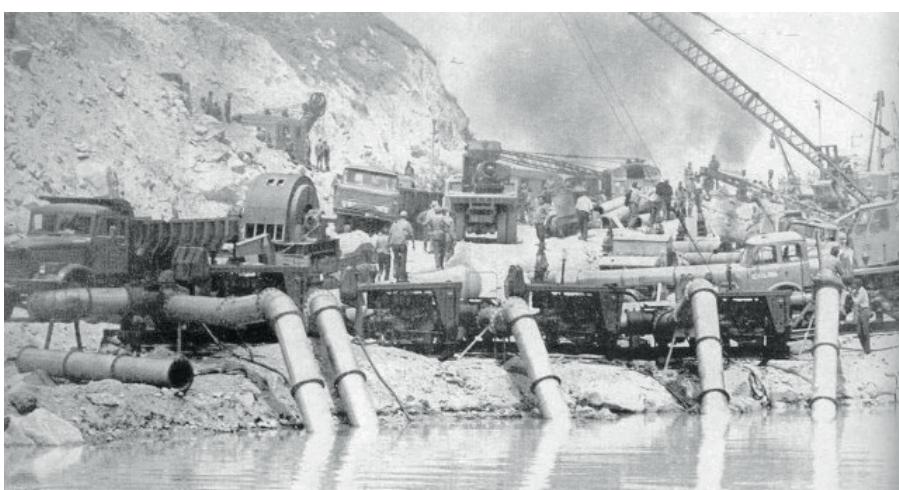
Фото турбазы «Горельник», похороненной под принесенными селевым потоком валунами и камнями

13. Средняя продолжительность жизни тянь-шаньской ели около 250–350 лет. Диаметр ствола достигает 2 м. Крона дерева имеет свое электромагнитное поле, иногда дающее светящиеся разряды. Подробнее: <https://fgarden.kz/p30716758-tyan-shanskaya.html>.

Поток был остановлен противоселевой плотиной в урочище Медео. Ниже у ее подножия находится знаменитый ледовый стадион «Медео» (на высоте чуть более 1850 м над уровнем моря), где были установлены десятки мировых рекордов по скоростному бегу на коньках. Котлован-резервуар выше плотины быстро заполнялся, расположенная на его дне система аварийного сброса воды была забита глиной, камнями и т. п. и перестала работать, а вода все прибывала и начала просачиваться через тело плотины: возник риск перелива через верх либо прорыва плотины, масса которой намного усилила бы селевой поток (сила которого, по оценке, была в 4 раза выше силы селя 1921 года), с риском полного разрушения восточной части города.



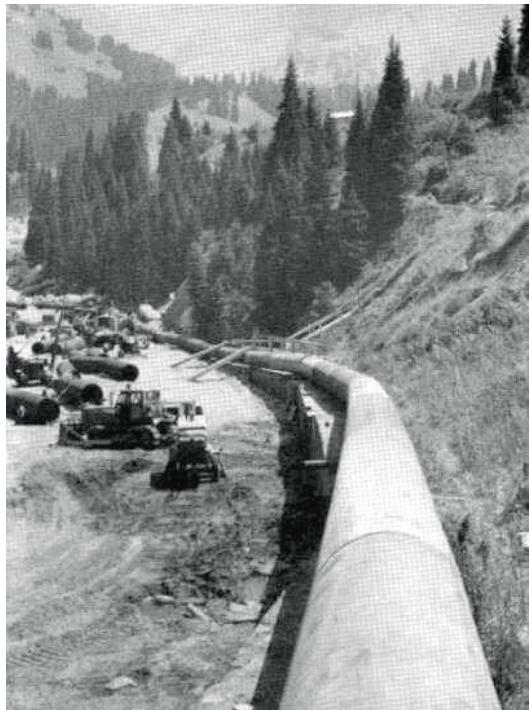
Белые ленточки на теле плотины со стороны стадиона Медео – это просачивание воды, которая могла размыть плотину с прорывом селевого потока вниз на город, расположенный 16 км ниже, с перепадом высот около 1 км



Насосные станции для отвода избытка воды из резервуара у плотины Медео, чтобы не допустить его переполнения и (или) прорыва плотины



Трубопроводы ($D = 1420$ мм) для аварийного сброса воды из принявшего сель резервуара



Аварийный водозабор из реки Малая Алматинка выше плотины и водовод (длиной около 1,5 км, построен в считанные дни) для отвода части ее стока, чтобы не допустить переполнения резервуара у плотины



Аварийный сброс воды, прибывающей в резервуар за плотиной, по скалистому склону горы Мохнатка в русло реки Малая Алматинка ниже плотины

Рис. П3. Заполнение резервуара у плотины Медео и борьба с риском его переполнения и (или) прорыва селя через размываемую плотину
Источник: <https://history-foto.livejournal.com/150551.html>.

Справка: Каменно-набросная плотина (первая очередь высотой 107 м¹⁴) в урочище Медео¹⁵ была построена двумя направленными взрывами со скалистых склонов соседних гор, сдана в эксплуатацию в 1972 году и образовала селехранилище емкостью 6,2 млн м³. А уже в следующем году плотина задержала сель объемом 5,3 млн м³, что говорит о том, насколько своевременно она была построена. Отметим, что ее строительство началось в 1964 году, вскоре после селя 1963 года, уничтожившего озеро Иссык (пример способности исполнительной власти в прошлом оперативно принимать требуемые решения).

14. После селя 1973 г. высоту плотины довели до 150 м.

15. Ныне в составе Медеуского района города Алма-Аты.

Сель 1963 года, уничтоживший озеро Иссык вблизи Алма-Аты

Мощный сель сошел в воскресенье, 7 июля 1963 года, и уничтожил это живописное озеро, расположенное недалеко от города на высоте около 1760 м над уровнем моря (см. рис. П4) – одно из любимых мест отдыха алматинцев, с несколькими сотнями жертв (по оценке – точная цифра погибших и пострадавших не была опубликована).

Эта катастрофа произошла на глазах приехавших полюбоваться озером высоких гостей: А. Н. Косыгина (на тот день – первого заместителя председателя Совета Министров СССР) с коллегами, которого сопровождал казахстанский лидер Д. А. Кунаев.



Рис. П4. Вид на озеро Иссык вблизи города Алма-Ата до селя 1963 г.

Источник: <https://weekend.rambler.ru/read/52877969-issykskaya-katastrofa-kak-selevoy-potok-v-gorah-kazahstana-unichtozhil-kurort/>.