



НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР
МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЙ КООРДИНАЦИОННОЙ
ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ КОМИССИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ
(НИЦ МКВК)

Сборник научных трудов НИЦ МКВК

Вып. 18

Ташкент 2022

**Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной
водохозяйственной комиссии Центральной Азии
(НИЦ МКВК)**



Сборник научных трудов

Выпуск 18

Ташкент – 2022

Изложены результаты научно-исследовательских работ, выполненных специалистами Научно-информационного центра МКВК и партнерских организаций в 2020-2021 годах.

Под редакцией Зиганшиной Д.Р.

Сборник подготовили к печати:
Кенжабаев Ш.М., Беглов И.Ф.

СОДЕРЖАНИЕ

Народы Таджикистана и Узбекистана поддержат стратегическое сотрудничество по бассейну реки Зарафшан Зиганшина Д.Р., Сорокин А.Г., Эргашев И.	5
Мониторинг изменения зеленых насаждений в г. Ташкенте с применением данных ДЗЗ и ГИС технологий Кенжабаев Ш.М., Зайтов Ш.Ш.	10
Исследование экологического состояния водных объектов Южного Приаралья Кенжабаев Ш.М., Рузиев И.Б., Зайтов Ш., Рузиев И.И.	24
Анализ и оценка потерь воды в оросительной сети Мирзаев Н.Н.	36
Опыт оценки и проблемы планирования интегрированного управления водными ресурсами Мирзаев Н.Н.	58
Сравнительный анализ методов расчета платы за ирригационные услуги объединений водопользователей Мирзаев Н.Н.	70
К вопросу о неоднозначности понятия «Бассейн Аральского моря» Рысбеков Ю.Х., Рысбеков А.Ю.	82
О состоянии водоучета на межхозяйственных каналах «ТСТ Agrocluster» Масумов Р.Р.	108
Повышение эффективности планирования распределения водных ресурсов реки Амударья посредством компьютерного моделирования Сорокин Д.А.	116
Методика оценки потерь воды в водохранилищах Тюямуьонского гидроузла Сорокин Д.А.	122

К вопросу о методике расчета элементов руслового баланса

Амударьи

Сорокин А.Г., Зайтов Ш., Сорокин Д.А., Назарий А.М., Эргашев И..... 127

Народы Таджикистана и Узбекистана поддерживают стратегическое сотрудничество по бассейну реки Зарафшан

Зиганшина Д.Р., Сорокин А.Г., Эргашев И.

Благодаря мудрой политике и инициативам Президента Республики Узбекистан Шавката Мирзиёева и Президента Республики Таджикистан Эмомали Рахмона, двухстороннее сотрудничество наших стран поднято на уровень стратегического партнерства. Одним из приоритетных направлений является комплексное использование водно-энергетических ресурсов бассейна реки Зарафшан, которое планируется проводить с учетом интересов всех секторов экономик стран. В качестве первого шага президенты договорились о совместном строительстве на реке Зарафшан, на территории Таджикистана, двух ГЭС общей мощностью 320 МВт. Можно ожидать, что совместное использование водно-энергетических ресурсов бассейна реки Зарафшан минимизирует риски от энергетического зарегулирования стока реки водохранилищами ГЭС Таджикистана, т.е. не допустит снижения расходов реки Зарафшан и соответствующих ущербов в орошаемой земледелии Узбекистана от искусственного дефицита воды.

Обоснование технических решений по гидроэнергетическому строительству должно основываться на водохозяйственных расчетах и достоверных данных, которые будут признавать и использовать водохозяйственные организации стран бассейна, главным образом о динамике и трендах водности бассейна, режимах рек и обеспеченности потребителей (питьевое водоснабжение, орошение и др.), а также о климатическом влиянии на водные ресурсы и нормы выращивания сельскохозяйственных культур на ближайшую (5-10 лет) и отдаленную перспективы (30-50 лет). В этой связи следует добиваться улучшения качества и оперативности взаимного обмена данными между национальными гидрометеорологическими службами, а также бесперебойного поступления данных о режимах рек бассейна в организации МКВК.

В прошлом река Зарафшан (в верхнем течении – Матча) являлась притоком реки Амударья, но с развитием орошения потеряла с ней связь. В истоках реки и ее крупнейших притоков (Фандарья, Магиан) расположены многочисленные ледники. Ниже последнего притока Магиан (Магиандарья) река выходит в широкую межгорную Зарафшанскую котловину, где

ряд местных водотоков, стекающих со склонов хребта Нуратау (Карасу и др.) не доходят до Зарафшана в связи с сокращением приточности в реку. Представление о режиме реки Зарафшан при выходе из гор дают измерения стока реки в Дупулинской гидрометеорологической станции (Таджикистан), расположенной выше устья реки Магиан, в сумме с расходами реки Магиан. Сток реки Магиан составляет около 5 % стока реки Зарафшан в створе поста Дупули.

По выходе на равнину река Зарафшан перегорожена плотиной водозаборного узла «Раватходжа» (старое название – Верхнезеравшанский водозаборный узел, плотина имени 1-го Мая), который построен в 1927 году и был одним из первых крупных гидротехнических сооружений рук инженеров Средней Азии. Начиная с 1996 года, Узбекистан учет притока водных ресурсов с территории Таджикистана по реке Зарафшан оценивает по измерениям на этом водозаборном узле.

Сток реки Зарафшан из года в год сокращается: в 1980-90 годах расходы воды в реке достигали 750-800 м³/с, сейчас не более 400 м³/с. Основная причина такого сокращения – таяние ледников.

Реку Зарафшан относят к рекам ледниково-снегового питания, для которой по створу реки «мост Дупули» показатель В.Л. Шульца, характеризующий тип питания рек, составляет (по ретро-данным до 1970 года) $\delta = 1.84$. Показатель δ рассчитывается как отношение стока реки за периоды июль-сентябрь и март-июнь. Режим основных рек бассейна характеризуются длительным ледниково-снеговым половодьем, которое начинается в апреле и оканчивается в начале октября. Максимальные расходы (паводки) проходят в июне-июле. Анализ по показателю В.Л. Шульца внутригодового режима реки Зарафшан за период после 1970 года показывает, что доля ледниковой составляющей в стоке реки Зарафшан снизилась, т.к. показатель δ уменьшился до 1.64 (на 10 %).

Согласно данным, опубликованном в «Каталоге ледников СССР, том 14, выпуск 3», на 1980 год в бассейне реки Зарафшан находилось 1272 ледника, имеющих суммарный объем льда в 37 км³ и площадь оледенения 709 км². Самый крупный из ледников – Зарафшанский, имеющий площадь около 133 км². Режим таяния ледников бассейна изучен довольно слабо, но факт их деградации признается всеми. По некоторым оценкам¹, в следующие 50 лет объем ледников бассейна максимально сократится. Зарафшанский ледник деградирует на площади 25-30 км², что приведет к уменьшению его объема на 30-35 % и, соответственно, снижению ледникового стока. Сейчас ледниковый сток р. Зарафшан оценивается приблизительно в

¹ Аброров Х, Ахмадов А.Ш. Какие изменения ожидают ледники горного Зеравшана? / http://www.cawater-info.net/zeravshan/pdf/abrorov-ahmadov_ru.pdf

1.3 км³ (25% от общего стока), к 2050 г. ледниковое питание Зарафшана может уменьшиться более 0,6 км³ (12 % от общего стока).

Узбекская территория бассейна реки Зарафшан является малообеспеченной водными ресурсами. Приток на территорию Узбекистана по данным до 1990 года оценивался в среднем за период наблюдений в 5.2 км³, а для маловодных лет (90 % обеспеченности) в 4.1 км³. Средний многолетний сток реки Зарафшан в створе поста Дупули до 1990 года составлял 4.9 км³, а сток реки Магиан около 0.3 км³.

По данным измерений на водозаборном узле «Раватходжа» за 1991-2000 гг. средний приток речной воды на территорию Узбекистана составил около 5.0 км³, т.е. уменьшился на 4 % по сравнению с оценкой до 1990 года. Измерения стока реки Зарафшан по этому гидроузлу за 2001-2010 гг. дают еще меньшую величину – 4.8 км³ (уменьшение на 8 %), а за 2011-2021 гг. – 4.2 км³ (уменьшение на 19 %). Необходимо заметить, что данные Таджикистана по посту Дупули до 2000 года близки к оценке Узбекистана по водозаборному узлу «Раватходжа», но после 2000 года стали отличаться. По посту Дупули после 2000 года такого снижения стока реки Зарафшан как по водозаборному узлу «Раватходжа» не наблюдается. Следует совместными усилиями гидрометеорологических служб двух стран найти причину такого несоответствия данных. Для обеспечения устойчивого управления водными ресурсами бассейна р. Зарафшан важно организовать совместные регулярные замеры расходов воды в реке.

Сток реки Зарафшан имеет большое экономическое значение: Таджикистан осваивает гидроэнергетические ресурсы рек бассейна Зарафшана, потенциал которых составляет более 20 млрд. кВт ч, а для Узбекистана является источником питания 560 тыс. га плодородных орошаемых земель Самаркандской, Навоийской, частично Джизакской, Кашкадарьинской и Бухарской областей. Ранее река Зарафшан питала полностью земли Бухарской области, но Узбекистан с целью повышения водообеспеченности этих земель будет вынужден осуществлять переброску воды из Амударьи для подачи дополнительной воды в бассейн Зарафшана по Аму-Бухарскому каналу. Водозабор из реки в пределах Таджикистана составляет около 5 % водных ресурсов бассейна.

В пределах Узбекистана используется 4–5 км³ воды из реки Зарафшан, из них на Самаркандскую область приходится около 50 % стока реки, на Навоийскую – 35 %, остальные 15 % – на Кашкадарьинскую (водозабор по каналу Эскианхор), Джизакскую (водозабор по каналу Санзар) и часть Бухарской области. В настоящее время лимит на водозабор из реки Зарафшан составляет 4,8 км³, из них на апрель-сентябрь приходится 3,4 км³. Выделяемый лимит близок к проектному значению водозабора из реки Зарафшан для Узбекистана, предусмотренного в «Генеральной схеме комплексного использования водных ресурсов реки Амударьи» (1971) на

отдаленную перспективу – 5,06 км³. Сельскохозяйственные потребители используют около 85 % водных ресурсов бассейна, на коммунальные и другие нужды до 15 %.

Об ухудшении водохозяйственной обстановки в бассейне можно судить по укрупненному водному балансу реки в вегетацию 2021 года (апрель-сентябрь), представленному в таблице.

Таблица

Русловой баланс реки Зарафшан в вегетацию 2021 г.
(Источник: НИЦ МКВК)

№	Статьи руслового баланса реке Зарафшан	апрель-сентябрь
1	Сток реки Зарафшан (Раватходжа), км ³	2.09
2	Боковой и возвратный сток, км ³	1.02
3	Русловые потери, км ³	0.19
4	Располагаемые к использованию водные ресурсы (1+2-3)	2.92
5	Лимит на водозабор, км ³	3.41
6	Фактический водозабор, км ³	2.91
7	Невязка руслового баланса (4-6), км ³	0.01
8	Дефицит воды (6-5), км ³	- 0.5
9	Водообеспеченность (отношение водозабора к лимиту), %	85

Наличие нарастающего дефицита водных ресурсов требует применения в бассейне интегрированного подхода к управлению, предполагающего сочетание эффективного регулирования и равномерного распределения стока и одновременно – оптимизации требований на воду, главным образом в орошаемой земледелии (внедрения новых технологий полива орошаемых земель, уточнение норм водопотребления). По некоторым оценкам внедрение водосберегающих технологий может сократить требования на воду в бассейне максимум на 28-35 %.

Настало время ученым стран подготовить межгосударственную программу совместного комплексного использования водных ресурсов бассейна реки Зарафшан, в рамках которой необходимо представить:

- Предложение по экономии водных ресурсов бассейна и их использованию в отдаленной перспективе, учитывающее изменение климатической ситуации в бассейне, деградацию (сокращение) ледников,
- Предложение по усилению межгосударственного контроля за водными ресурсами бассейна и их использованию,
- Предложение по уточнению «Схемы комплексного использования гидроэнергетического потенциала реки Зарафшан», и совместному рациональному, экономически взаимовыгодному, долгосрочному использованию перспективных водохранилищных гидроузлов с ГЭС Таджикистана.

Народы Таджикистана и Узбекистана, несомненно, поддержат стратегическое сотрудничество по бассейну реки Зарафшан, смягчающее глобальные вызовы климатических изменений и демографического роста.

Мониторинг изменения зеленых насаждений в г. Ташкенте с применением данных ДЗЗ и ГИС технологий

Кенжабаев Ш.М., Заитов Ш.Ш.²

1. Введение

Во многих регионах мира быстрые темпы урбанизации приводят к различным проблемам, включая заторы на дорогах, низкое качество воздуха и шумовое загрязнение. Урбанизация значительно преобразует ландшафт от естественных типов поверхности к непроницаемой поверхности (строительство жилищных кварталов – домов, коммерческих объектов, зданий и инфраструктуры). Преобразование происходит в больших пространственных масштабах и с возрастающей скоростью из-за растущей нагрузки на дополнительные жилые дома и коммерческие / промышленные районы (подключение этих домов, зданий и промышленных объектов к существующей системе энергоснабжения, водопроводные и канализационные сети). Более того, застройка городских земель потребляет площади зеленых земель и оказывает негативное воздействие на городскую среду. Ухудшение жизненной среды из-за отсутствия зеленых насаждений является серьезной проблемой для здоровья человека, поскольку примерно 54% людей в мире³ живут в городских районах.

Постановлением Кабинета Министров Республики Узбекистан от 31 августа 2021 г. № 553 «О мерах по кардинальному совершенствованию работ по благоустройству и озеленения в Ташкенте» поставлена задача довести к 2023 году уровень озеленения г. Ташкента до 30% общей площади. При этом, насаждения деревьев для посадки выбираются только на основе научных исследований по изучению климата и характеристик земли.

Городское зеленое пространство обычно определяется как зеленая инфраструктура, которая охватывает озелененные территории, включая городские парки, дороги и зеленые зоны рабочих мест. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) определила, что зеленые насаждения пред-

² Научно-исследовательский гидрометеорологический институт

³ В 2017 году в городах проживало свыше 4,1 миллиарда человек (согласно Ричи Х. и Розер М., 2019 на основе данных ООН, Перспективы народонаселения мира 2019 г., <https://ourworldindata.org/urbanization#number-of-people-living-in-urban-areas>).

ставляют собой инновационные методы улучшения качества городской среды за счет повышения устойчивости местного населения и пропаганды устойчивого образа жизни⁴. Турага и др. (2019)⁵ заявляют, что городские зеленые насаждения становятся критически важными мероприятиями, поскольку они приносят различные выгоды, включая улучшение эстетики, снижение загрязнения, положительное влияние на физическое и психическое здоровье граждан и сокращение городского теплового режима. При этом необходимо менять общественное мнение о защите и развитии зеленых насаждений в городских районах.

С учетом вышеизложенного, актуальная пространственная информация о текущем состоянии городских зеленых насаждений имеет решающее значение для планирования и управления городским землепользованием. Однако, информацию о площади и состоянии зеленых насаждений становится все труднее получить с помощью традиционных подходов к ландшафтной съемке, поскольку зеленые насаждения постоянно видоизменяются, фрагментируются и рассредоточиваются из-за быстрых темпов урбанизации. Более того, геодезические задачи в городском, национальном и региональном масштабах обескураживают как из-за затрат времени, так и из-за трудозатрат, необходимых для сбора, обработки и составления отчетов в полевых условиях. Таким образом, существует острая потребность в передовых методах автоматизации задачи исследования зеленых насаждений.

Данные дистанционного зондирования (ДЗЗ), используемые с географической информационной системой (ГИС), можно использовать для создания тематических карт с целью оценки зеленого растительного покрова в региональном масштабе. Индикаторы, извлеченные из такой карты, могут быть полезны для дальнейших процессов анализа данных, касающихся размера, площади, формы и других ландшафтов городских зеленых насаждений. В настоящее время модели машинного обучения, такие как анализ нейронной сети (neural network analysis, NNA), случайный лес (random forest, RF) и машина опорных векторов (support vector machine, SVM) широко используются для классификации зеленых насаждений из космических снимков (Landsat, Sentinel, и др.). Поскольку интересующая нас проблема является сложной из-за использования многомерного и нелинейного анализа данных, необходимо использовать

⁴ ВОЗ, 2017. Городские зеленые зоны: краткое руководство к действию (https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0020/342290/Urban-Green-Spaces_RUS_WHO_web.pdf).

⁵ Turaga, R. M. R., Jha-Thakur, U., Chakrabarti, S., & Hossain, D. (2019). Exploring the role of Urban Green Spaces in «smartening» cities in India. Impact Assessment and Project Appraisal, 1-12. (<https://doi.org/10.1080/14615517.2019.1690864>).

вышеперечисленные передовые решения машинного обучения, чтобы повысить точность обнаружения городских зеленых насаждений.

Цель данной работы заключается в оценке изменения зеленых насаждений в г. Ташкенте с применением данных ДЗЗ и ГИС технологий. Задачи данной работы включают: (а) выборочная оцифровка отдельных полигонов покрытия земли – деревьев (все категории деревьев, включая кустарники), трав/газонов, смешанных зеленых насаждений (деревья-травы/газоны) и всех других категорий землепользования (дома, здания, дороги, водные объекты, открытые поля и пр.); (б) загрузка общедоступных архивных снимков Sentinel-2A и вычисление индекса растительности NDVI по всей территории города Ташкента за период 2016-2020 гг.; (в) классификация земельного покрытия с использованием алгоритма random forest; (г) аналитическая работа с готовыми электронными картами.

2. Методология и материалы исследования

2.1. Общее описание исследуемого объекта

Общеизвестно, что зеленые насаждения играют важную роль в городской среде обитания; они выполняют множество функций, включая изменение микроклимата, эстетику, отдых и улучшение физического / психического здоровья. Тем не менее, из-за физического расширения города Ташкента некоторые участки зеленых насаждений были заменены непроницаемой поверхностью, такой как здания и дороги. Следовательно, текущее состояние городских зеленых насаждений в этом городе необходимо своевременно обновлять.

Общая площадь г. Ташкента (в пределах ташкентской кольцевой дороги, а также Бектемирского, Сергелийского районов и поселка Улугбек) по официальным данным хокимията г. Ташкента⁶, составляет 334,8 км², что превышает площади некоторых европейских государств, таких как Лихтенштейн и Сан-Марино. Город расположен внутри территории Ташкентской области в пределах от 41°13' до 41°24' северной широты и от 69°10' до 69°21' восточной долготы⁷ и состоит из двенадцати районов (рис. 1).

⁶ <https://www.tashkent.uz/ru/menu/rajony->

⁷ Aslanov A., Mukhtorov U., Mahsudov R., Makhmudova U., Alimova S., Djurayeva L., Ibragimov O., 2021. Applying remote sensing techniques to monitor green areas in Tashkent Uzbekistan. E3S Web of Conferences 258, 04012 (2021). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125804012>.

Население г. Ташкента по состоянию на 1 января 2021 г. составляет 2694,4 тыс. человек⁸. Плотность населения на 1 км² составляет 7554,4 человек, что почти в 100 раз больше средневзвешенной плотности по Республике Узбекистан (77,0 чел / км²).

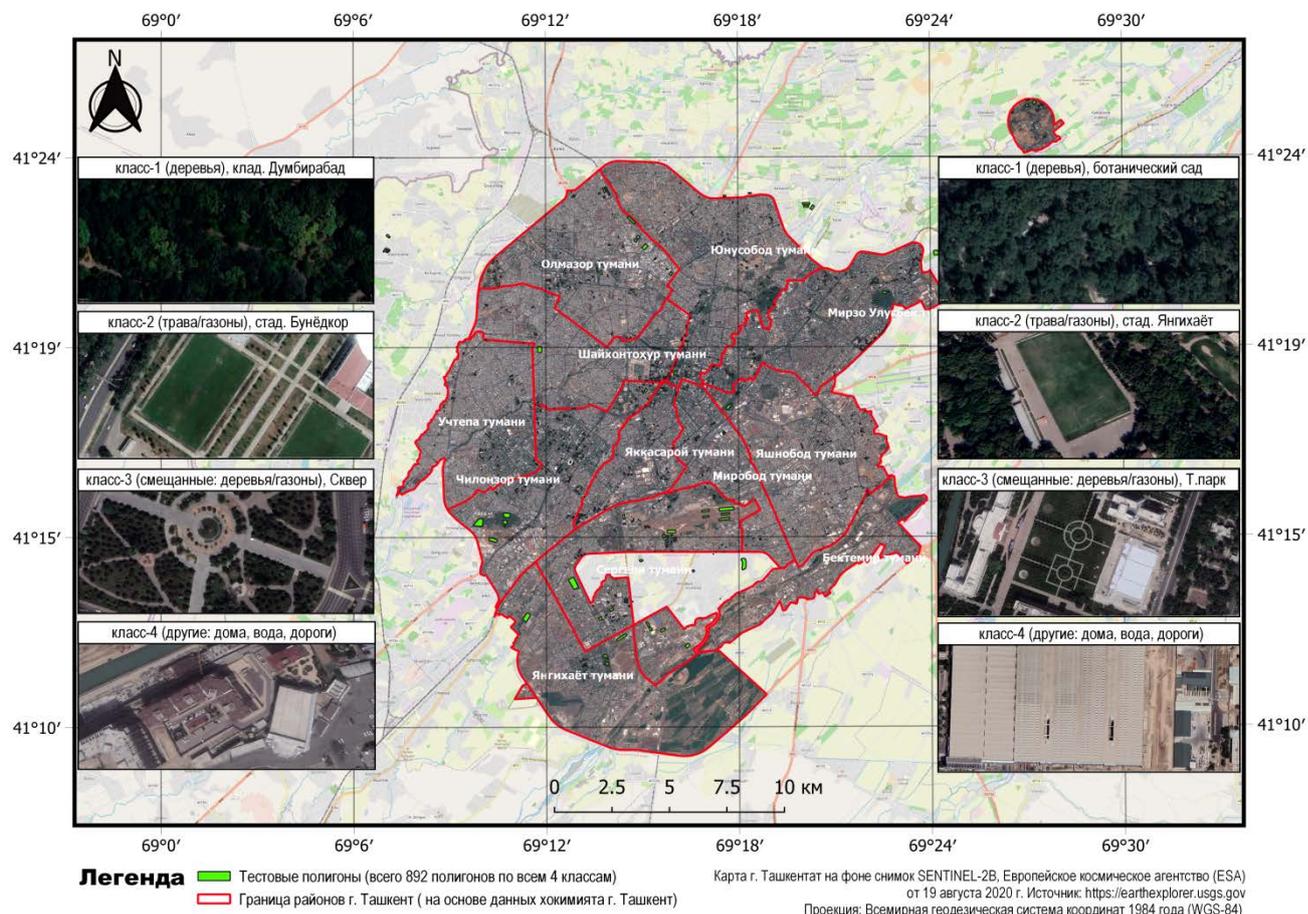


Рис. 1. Карта города Ташкента в масштабе 1:200 000 с указанием тестовых полей четырех классов (1-деревья, 2-трава/газоны, 3-смешенные: деревья/газоны, 4-другие: дома, дороги, вода и т.п.)

2.2. Дистанционные данные

Sentinel-2A – спутник Европейского космического агентства (ESA), запущенный 23 июня 2015 г. в рамках программы Copernicus. Космический аппарат Sentinel-2A оснащен оптико-электронным мультиспектральным сенсором (MultiSpectral Instrument, MSI), который выполняет съёмку в 13 спектральных каналах от видимого и ближнего инфракрасного до коротковолнового инфракрасного диапазона спектра (табл. 1). Пространственное разрешение съёмочной системы варьирует от 10 до 60 м, в зави-

⁸ <https://stat.uz/ru/ofitsialnaya-statistika/demography>.

симости от спектрального диапазона, ширина полосы захвата – 290 км. Сочетание относительно высокого пространственного и высокого спектрального разрешения, значительной полосы захвата является уникальным преимуществом съемочной системы Sentinel-2.

Таблица 1

Спектральные характеристики космического снимка Sentinel-2

№ диапазона (<i>Band number</i>)	Характеристика (<i>Description</i>)	Длина волны (<i>Wavelength</i>), μm	Разрешение (<i>Resolution</i>), м
B1	Аэрозоль (<i>Coastal aerosol</i>)	0,433–0,453	60
B2	Синий (<i>Blue</i>)	0,458–0,523	10
B3	Зеленый (<i>Green</i>)	0,543–0,578	10
B4	Красный (<i>Red</i>)	0,650–0,680	10
B5	Крайний красный -1 (<i>Red-edge 1</i>)	0,698–0,713	20
B6	Крайний красный -2 (<i>Red-edge 2</i>)	0,733–0,748	20
B7	Крайний красный (<i>Red-edge</i>)	0,773–0,793	20
B8	Ближний инфракрасный (<i>Near infrared (NIR)</i>)	0,785–0,900	10
B8a	Ближний инфракрасный узкий (<i>Near infrared narrow (NIRn)</i>)	0,855–0,875	20
B9	Водяной пар (<i>Water vapour</i>)	0,935–0,955	60
B10	Перистые облака (<i>Shortwave infrared/Cirrus</i>)	1,360–1,390	60
B11	Коротковолновый ИК-1 (<i>Shortwave infrared 1 (SWIR1)</i>)	1,565–1,655	20
B12	Коротковолновый ИК-2 (<i>Shortwave infrared 2 (SWIR2)</i>)	2,100–2,280	20

Источник: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>.

Для классификации земельного покрытия г. Ташкента были использованы в целом 60 снимков 96 Sentinel-2A с облачностью менее 10% за 2016-2020 гг. по четырем классам (табл. 2).

Таблица 2

Даты использованных снимков Sentinel-2A за 2016-2020 гг.

Годы	Дата съемок											
2020	12 мар	16 апр	20 май	29 май	13 июн	28 июн	25 июл	19 авг	24 авг	9 сен	11 окт	21 окт
2019	13 мар	13 апр	20 май	27 май	9 июн	24 июн	21 июл	13 авг	28 авг	12 сен	12 окт	22 окт
2018	8 мар	20 апр	17 май	30 май	9 июн	29 июн	21 июл	10 авг	2 сен	12 сен	12 окт	22 окт
2017	6 мар	22 апр	12 май	1 июн	14 июн	21 июн	24 июл	13 авг	2 сен	9 сен	12 окт	24 окт
2016	11 мар	24 апр	20 май	27 май	9 июн	29 июн	26 июл	15 авг	28 авг	4 сен	7 окт	27 окт

2.3 Наземные данные и ГИС

Для картирования и распознавания городских зеленых насаждений в городе Ташкент были оцифрованы в общей сложности 892 полигонов по следующим четырем классам (рис. 1):

- 1) Деревья (все категории деревья, включая кустарники) – 473 полигонов;
- 2) Травы/газоны – 161 полигонов;
- 3) Смешанные: деревья-травы/газоны – 141 полигонов;
- 4) Другие (дома, здания, дороги, водные объекты, открытые поля и пр.) – 117 полигонов.

Полигоны оцифрованы с использованием программы Планета Земля (Google Earth Pro, ver. 7.3.4.8248 (64-bit)) от Google⁹ и ГИС (QGIS ver. 3.18.2-Zürich¹⁰). За основу для оцифровки этих полигонов были использованы общедоступные космические снимки Планета Земля и Sentinel 2 от Геологической службы США¹¹ по состоянию на май-август 2020 г.

Спектральные диапазоны исходного Sentinel 2 преобразованы в формат TIF с помощью геометрической операции передискретизации в пакете полу-автоматической классификации (Semi-Automatic Classification Plugin (SCP)) QGIS¹². Спектральные значения (включая спектральные индексы) всех пикселей из Sentinel 2 и Landsat TM/ETM, OLI внутри каждого полигона извлечены, используя пакеты (rgdal, raster, caret, snow, readr, ggplot2) программного языка R (R-STUDIO¹³). Следует отметить, что использован-

⁹ <https://www.google.com/intl/ru/earth/versions/#earth-pro>

¹⁰ <https://www.qgis.org/ru/site/forusers/alldownloads.html>

¹¹ <https://earthexplorer.usgs.gov>

¹² Congedo, Luca, (2021). Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. Journal of Open Source Software, 6(64), 3172, <https://doi.org/10.21105/joss.03172>.

¹³ <https://www.r-studio.com/ru/data-recovery-software/>

ная картографическая проекция полученных изображений – это универсальная поперечная проекция Меркатора (UTM) в зоне 42 N – Datum World Geodetic System (WGS) 84. Все картографические материалы были подготовлены с учетом Постановления Кабинета Министров Республики Узбекистан от 26 декабря 2017 г. № 1022¹⁴ и от 14 января 2020 г. № 22¹⁵.

2.4. Индекс растительности

В области ДЗЗ широко используются спектральные индексы для извлечения биофизической информации о растительности из данных спутниковых изображений. Эффективность индексов растительности при картировании зеленых насаждений на основе дистанционного зондирования продемонстрированы в ряде работ. Таким образом, данное исследование опирается на такой общепринятый индекс, как нормализованный разностный индекс растительности (normalized difference vegetation index, NDVI¹⁶):

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$$

где, NIR и Red представляют ближний инфракрасный и красный отраженный лучистый поток (диапазоны 8 и 4 Sentinel 2).

NDVI – это мера состояния здоровья растений, основанная на том, как растение отражает свет на определенных частотах (некоторые волны поглощаются, а другие отражаются). Значения NDVI меняются от -1,0 до 1,0, в основном представляющие зеленую растительность, где отрицательные значения в основном образуются из облаков, воды и снега, а значения,

¹⁴ Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 26 декабря 2017 г. № 1022 «О применении и открытом использовании на территории Республики Узбекистан Международных геодезических систем координат». Согласно этому Постановлению, дано разрешение для открытого использования на территории Республики Узбекистан всемирной геодезической системы координат 1984 года (WGS-84) и международной геоцентрической системы координат — ITRS в целях производства кадастровых тематических карт.

¹⁵ Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан «Об утверждении положения о порядке определения ограничительных грифов картографических и геодезических материалов (данных), создания карт, открытых для использования, выдачи, учета и хранения секретных картографических и геодезических материалов, а также разрешительных процедур обеспечения сохранности государственной тайны в области геодезии и картографии». В Положении (приложение к данному Постановлению) разрешается создать картографические и геодезические материалы в масштабе 1:200 000 и менее.

¹⁶ Rouse, J.W.; Haas, R.H.; Schell, J.A.; Deering, D.W. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS; Freden, S.C., Mercanti, E.P., Becker, M., Eds.; Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, NASA SP-353; US Government Printing Office: Washington, DC, USA, 1974; Volume 1.

близкие к нулю, в основном формируются из камней и голой почвы. Умеренные значения (от 0,2 до 0,3) представляют кустарники и луга, а большие значения (от 0,6 до 0,8) указывают на хорошо развитую растительность.

В использовании этого индекса учитываются изменения хлорофилла (индикатор здоровья), т. к. хлорофилл сильно поглощает видимый свет (Red и Blue), а клеточная структура листьев сильно отражает ближний инфракрасный свет (NIR). Когда растение становится обезвоженным, больным, пораженным болезнями, или завершается вегетационный сезон, оно поглощает больше ближнего инфракрасного света, а не отражает его. Таким образом, наблюдение за тем, как изменяется NIR по сравнению с красным или синим светом, дает представление о наличии хлорофилла, что коррелирует со здоровьем растений (рис. 2).

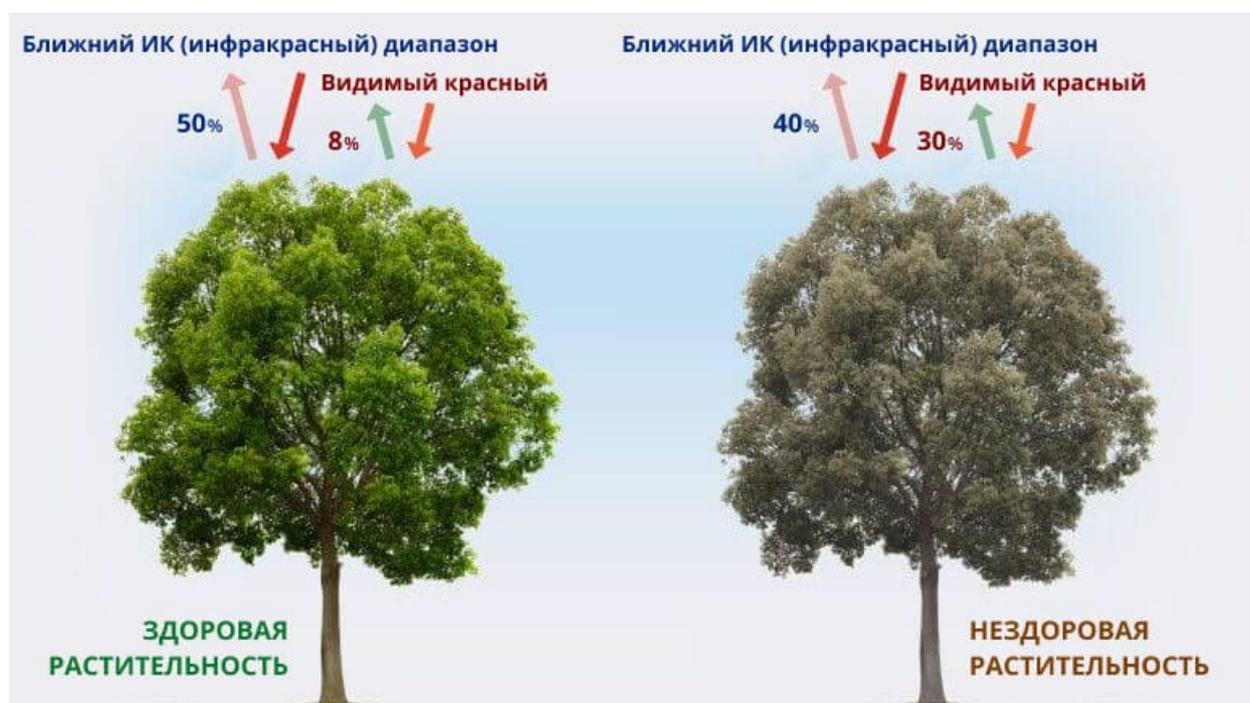


Рис. 2. Поглощение и отражение NIR и Red здорового и пораженного болезнями растения

Источник: <https://eos.com/ru/make-an-analysis/ndvi>

2.5. Алгоритм машинного обучения – Random Forest

Алгоритм классификации является важной частью картирования земного покрова, но на его эффективность и точность влияют многие факторы, такие как разрешение изображения и атмосферные условия во время

съемки. Следовательно, в настоящее время не существует общего алгоритма классификации, и для разных исследовательских целей необходимо выбирать разные модели классификации¹⁷. Для моделирования земельного покрытия г. Ташкента в пределах четырех классов был использован алгоритм машинного обучения – случайный лес (Random Forest, RF). RF – гибкий, простой в использовании алгоритм машинного обучения, который большую часть времени дает отличный результат даже без настройки гиперпараметров¹⁸. Это также один из наиболее часто используемых алгоритмов из-за его простоты и разнообразия (его можно использовать как для задач классификации, так и для задач регрессии). Лес, который RF строит, представляет собой совокупность деревьев-решений, обычно обучаемых методом «мешков», т. е. сочетание обучающих моделей увеличивает общий результат классификации. Более подробную информацию об алгоритме RF можно найти в работах Liu и др. (2012)¹⁹.

Для классификации земельного покрытия был использован пакет RF на языке R. Для этого созданы точки (центры пикселей) внутри каждого полигона (всего 892 полигонов) в программе QGIS (инструмент *Create points inside polygons*). Общее количество точек – 29 653, по четырем классам они распределены следующим образом:

- 1) Деревья (все категории деревья, включая кустарники) – 473 полигонов -> 9850 точек;
- 2) Травы/газоны – 161 полигонов -> 5267 точек;
- 3) Смешанные: деревья-травы/газоны – 141 полигонов -> 4646 точек;
- 4) Другие (дома, здания, дороги, водные объекты, открытые поля и пр.) – 117 полигонов -> 9890 точек.

На основе этих точек (пикселей), зная, какие точки относятся к каким классам, были извлечены значения NDVI по четырем классам в программе QGIS (инструмент *Sample Raster Values*). Обычно считается, что количество обучающих пикселей (точек) должно быть, по крайней мере, в 10 раз больше равным количеству переменных, используемых в модели

¹⁷ Jin, Y., Liu, X., Chen, Y., & Liang, X. (2018). Land-cover mapping using Random Forest classification and incorporating NDVI time-series and texture: a case study of central Shandong. *International Journal of Remote Sensing*, 1-21. <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1490976>.

¹⁸ Breiman, L. 2001. «Random Forests.» *Machine Learning* 45: 5–32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>.

¹⁹ Liu, Y., Wang, Y., & Zhang, J. (2012). *New Machine Learning Algorithm: Random Forest*. *Lecture Notes in Computer Science*, 246-252. https://doi.org/10.1007/978-3-642-34062-8_32.

классификации²⁰. Исходя из этого, все точки были проверены и отфильтрованы в программе Excel и получены точные спектральные индексы относительно каждого класса. На рис. 3 продемонстрированы профили временных рядов NDVI для различных типов земельного покрова г. Ташкента. За период с 16 апреля по 21 октября, значения NDVI по классу деревья и кустарники сильно отличаются от классов травы и газонов и других покрытий (дома, здания, дороги, вода и пр.). При этом класс 3 – смешанные, т.е. деревья и под ними трава и газоны – повторяет тренд изменения NDVI, что естественно. После фильтра всех точек, не соответствующие значения были удалены для дальнейшего моделирования и классификации земельного покрытия. Окончательно, в модели RF были использованы 10 676 точек (табл. 3).

Таблица 3

Сводка эталонных данных обучения (70%) и данных тестирования (30%)

Классы земельного покрытия	Количество точек после проверки	Количество точек для обучения модели RF	Количество точек для тестирования точности
Деревья (все категории деревьев, включая кустарники)	4513	3159	1354
Травы/газоны	1860	1302	558
Смешанные: деревья-травы/газоны	1541	1079	462
Другие (дома, здания, дороги, водные объекты, открытые поля и пр.)	2762	1933	829
Всего	10676	7473	3203

В этом исследовании мы использовали метод случайной выборки, который может сбалансировать количество точек выборки. Это означает, что количество точек выборки для каждого класса земельного покрытия было связано с долей всех пикселей. Более конкретно, всего 10 676 эталонных наборов обучающих и тестовых данных были случайным образом разделены на каждый класс земельного покрова в соответствии с их соответствующими пропорциями (табл. 3). Была использована стратифициро-

²⁰ Jensen, J. R., and K. Lulla. 1987. «Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective». Geocarto International 2: 65. <https://doi.org/10.1080/10106048709354084>.

ванная случайная выборка из 70% данных контрольной точки для обучения классификатора случайного леса и 30% данных контрольной точки для проверки точности результатов.

Чтобы классифицировать классы земельного покрова в исследуемой территории, в модели RF были использованы разновременные переменные временного ряда NDVI для каждого года отдельно

$$\text{Классификация} = f(\text{NDVI}_n),$$

где n – 10 NDVI для 2016-2020 гг., (табл. 2).

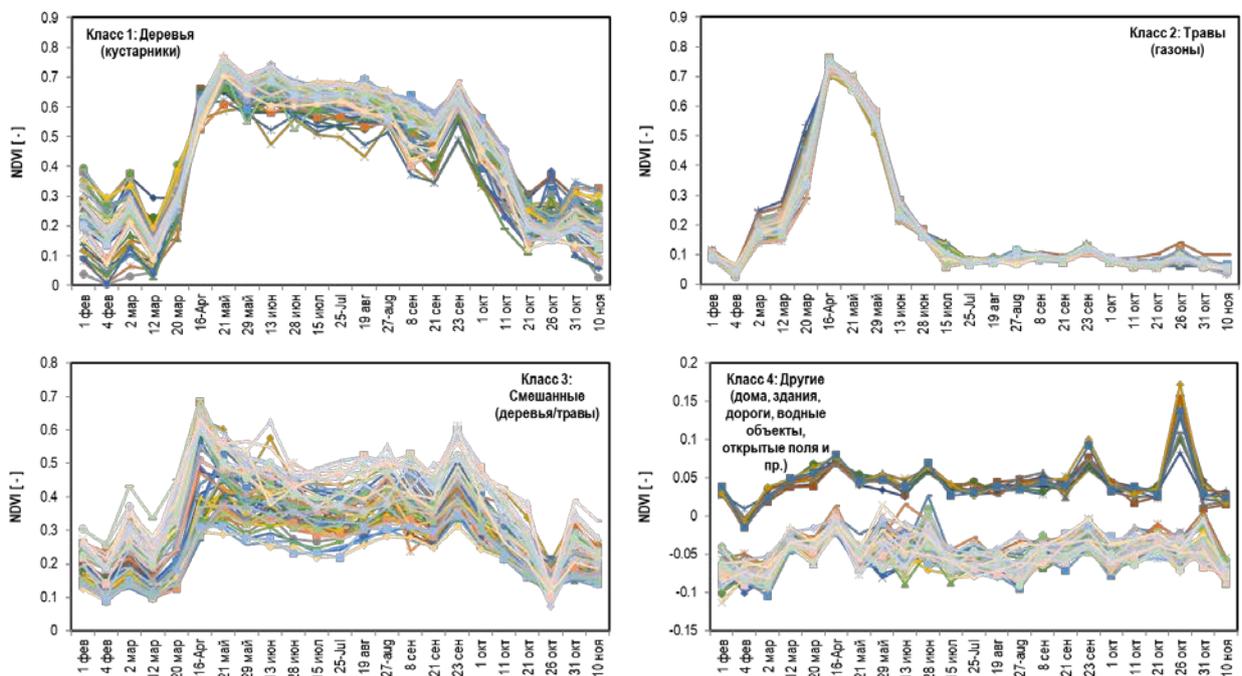


Рис. 3. Характерные значения NDVI по четырем классам земельного покрытия г. Ташкент (на основе снимка Sentinel-2A за февраль-ноябрь 2020 г.).

3.

Результаты и выводы

На рис. 4 представлены результаты классификации в пределах границы города Ташкента за 2016-2020 гг. На основе этих результатов, были рассчитаны суммарные площади четырех классов для каждого года (табл. 4, рис. 5). Самое устойчивое покрытие зелеными насаждениями на территории г. Ташкента были обнаружены внутри кладбищ (напр., Домбрабадского), парков и садов (напр., Ботанический сад). Анализ данных (табл. 5) показывает, что площади, покрытые классом 1 (деревья и кустарники) за 2016-2020 гг. уменьшены на 1% (т.е., 369,3 га). Такая же картина наблюдается для классов 2 (травы/газоны) – 3,8% (1358,2 га) и 2 (смешанные: деревья/травы) – 0,8% (289,1 га).

В целом, площади зеленого покрытия (деревья, кустарники, травы, газоны) за наблюдаемый период сократились на 2016,5 га. Это аргументируется тем, что за последние 5 лет (2016-2020 гг.), численность постоянных жителей города увеличилось на 7% (или 178,5 тыс. человек). Это требует строительства дополнительных домов, дорог, инфраструктуры и др.

Более того, если деревья и кустарники по-разному переносят жару, нехватку воды и другие неблагоприятные условия (в зависимости от вида, возраста, местных условий), то травы и газоны очень чувствительны к нехватке воды и жаре. Не все поля с зелеными насаждениями обеспечены водой, некоторые участки с посевами травы и газонами не обеспечены водой или из-за неправильного проектирования дождевальных систем вода не полностью покрывает территорию зеленых насаждений дождеванием.

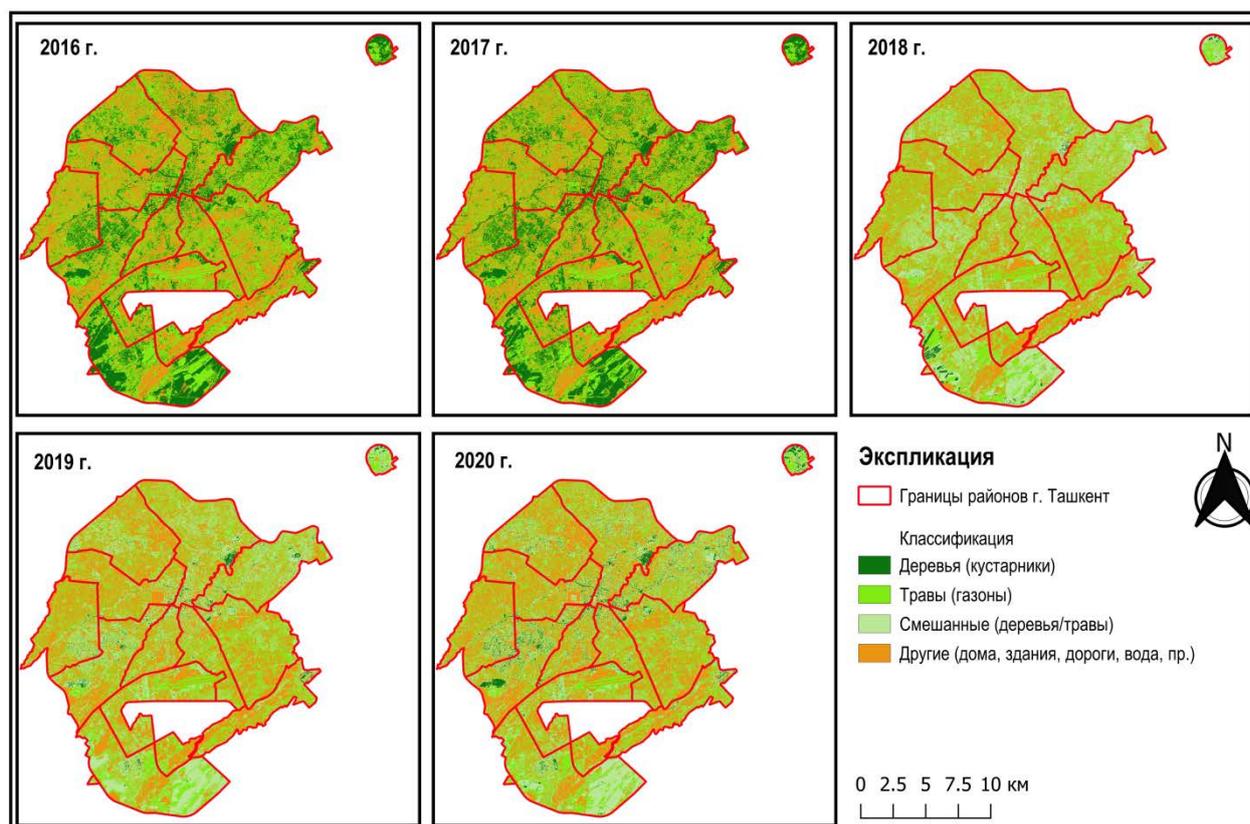


Рис. 4. Классификация земельного покрытия города Ташкент за 2016-2020 гг. на основе снимка Sentinel-2

Таблица 5

Изменение площади г. Ташкент по 4 классам за 2016-2020 гг. (га)

Годы	Показатели	Классы				Всего
		Деревья (кустарники)	Травы (газоны)	Смешанные (деревья/травы)	Другие (дома, здания, дороги, вода и пр.)	
2016	га	7552.7	6417.7	9228.4	12968.8	36167.5
	%	20.9	17.7	25.5	35.9	100.0
2017	га	8024.7	4649.5	10509.2	12984.1	36167.5
	%	22.2	12.9	29.1	35.9	100.0
2018	га	7975.5	4741.5	9227.6	14222.9	36167.5
	%	22.1	13.1	25.5	39.3	100.0
2019	га	7403.1	5034.3	9016.9	14713.2	36167.5
	%	20.5	13.9	24.9	40.7	100.0
2020	га	7183.4	5059.5	8939.3	14985.3	36167.5
	%	19.9	14.0	24.7	41.4	100.0

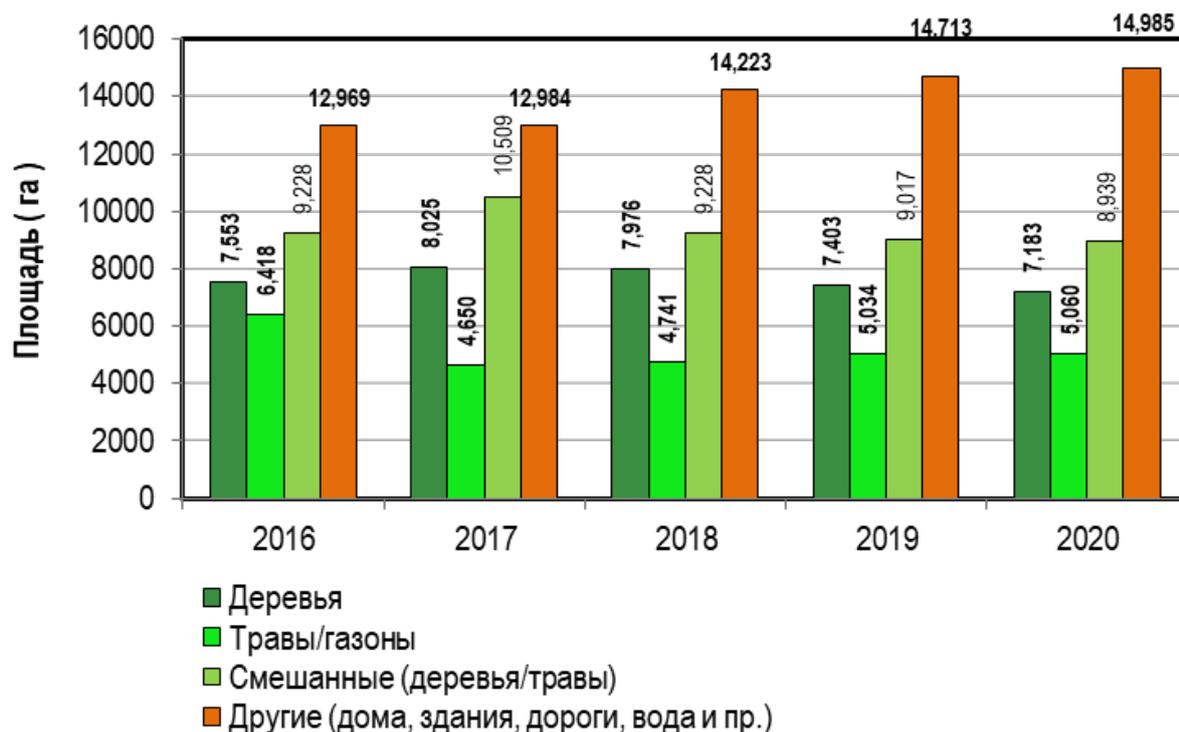


Рис. 5. Изменение земельного покрытия г. Ташкент за 2016-2020 гг.

Международный опыт по развитию системы городских зеленых насаждений²¹ позволяет выявить ряд общих аспектов, имеющих особое значение при планировании развития города Ташкента:

- Необходимо определить цели планового озеленения города;
- Необходимо использовать существующие механизмы и рамки городского/местного планирования;
- Необходимо иметь долгосрочную перспективу и сохранять (поддерживать) гибкость проектирования для обеспечения потенциальных функциональных корректировок с учетом изменяющихся потребностей;
- Необходимо предусматривать в дальнейших проектах озеленение города как инвестиции в общественное здравоохранение и социальную сферу.

²¹ ВОЗ, 2017. Городские зеленые зоны: краткое руководство к действию (https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0020/342290/Urban-Green-Spaces_RUS_WHO_web.pdf).

Исследование экологического состояния водных объектов Южного Приаралья

**Кенжабаев Ш.М., Рузиев И.Б., Заитов Ш.,
Рузиев И.И.**

Введение

Приаралье является эпицентром экологического бедствия – высыхания Аральского моря, которое является следствием несбалансированного отбора воды из главных рек бассейна Аральского моря. Объем воды, подаваемой в дельту реки Амударьи, сокращается и это приводит к тому, что в Южном Приаралье мелеют и высыхают многие малые озера. Их питание в настоящее время частично обеспечивается за счет коллекторно-дренажных вод и небольшого объема речного стока после удовлетворения потребностей орошаемого земледелия. Следствием этих процессов стало исчезновение существовавших тугайных зарослей, гибель тростников, а вместе с растительностью (флорой) уменьшаются количество и виды животных и птиц (фауна). Сокращается биологическая продуктивность дельты Амударьи.

До сегодняшнего дня данная территория не обеспечена необходимым стабильным объемом водных ресурсов. Общий приток воды в Южное Приаралье за период 2011-2020 годов составил 47,23 км³ или в среднем 4,72 км³ в год. В зависимости от водности года, эта величина изменяется от 0,96 км³ (2018-2019) до 10,83 км³ в год (2017-2018). Такая большая вариация годового притока негативно отражается на гидрологической устойчивости водоемов, что ведет к разрушению экологии зоны отдельных водоемов, нарушению биоразнообразия. Фауна и флора этих водоемов нестабильны из-за неустойчивости их водно-солевого режима, который формируется без всякого контроля, под влиянием случайных факторов. Нестабильная водообеспеченность дельты реки Амударьи не позволяет в полной мере реализовать все необходимые меры по стабилизации экосистем и социально-экономического развития региона Южного Приаралья.

Вследствие изменения экологических условий в Южном Приаралье почти полностью потеряли своё прежнее значение богатейшие в орнитологическом отношении плавни дельты Амударьи, служившие основным местом гнездования лебедя-шипуна, савки, розового и кудрявого пеликанов,

малого баклана и других редких птиц. В настоящее время, ареал и численность этих птиц, имеющие большую практическую ценность как объекты охотничьего промысла, а также другие эндемичные и локально распространенные виды, встречающиеся в пределах уязвимых, интенсивно осваиваемых человеком водно-болотных экосистем, с уменьшением территорий тугайных зарослей и водоемов неуклонно сокращаются²².

Стало очевидным, что без принятия специальных законодательных и практических мер по сохранению ряда видов животных и сред их обитания постоянно будет существовать прямая угроза их уничтожения. Вместе с тем известно, что каждый биологический вид – это неповторимое и генетически уникальное явление природы, занимающее определенное место в биологическом сообществе и обеспечивающее его устойчивость.

В последнее время Правительство Республики Узбекистан уделяет особое внимание созданию комплекса инженерных сооружений в дельте реки Амударьи и искусственно обводненных ландшафтных экосистем, прилегающих к ней территорий осушенного дна Аральского моря с целью восстановления естественного экологического режима во всем Южном Приаралье.

24 августа 2018 года в Туркменбаши, Туркменистан, на Саммите Глав государств-учредителей МФСА, Президент Республики Узбекистан выдвинул целый ряд важных инициатив, которые при их воплощении в жизнь смогут кардинально улучшить неблагоприятную экологическую ситуацию в регионе Южного Приаралья.

В ходе пленарного заседания 75-й сессии Генеральной Ассамблеи Организации Объединенных Наций, 18 мая 2021 г., единогласно принята специальная резолюция об объявлении региона Приаралья зоной экологических инноваций и технологий. В настоящее время в рамках Программы технико-экономического развития (ПТЭР)²³ реализуется проект «Создание малых локальных водоемов в дельте реки р. Амударьи, фаза 2», в результате которого будут созданы водоемы с общей площадью водной поверхности 208 тыс. га. Основным назначением создания водоемов в дельте р. Амударьи является: восстановление водно-болотных угодий дельты, сохранение и устойчивое развитие биоразнообразия и повышение естественной продуктивности биоресурсов, восстановление нарушенных экосистем, обеспечение регулируемости водного режима водоемов, создание условий для рыбозаведения, рыболовства, охоты, отгонного животноводства, что даст возможность поддерживать поголовье скота и обеспечить население

²² Красная книга Республики Узбекистан – Животный мир, Том-2, Т.: Chinor ENK, 2009, С.218.

²³ Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 16.01.2019 г. № 37 «О мерах по комплексному социально-экономическому развитию Муйнакского района Республики Каракалпакстан», <https://lex.uz/ru/docs/4164159>

прилегающих районов продуктами питания, смягчение климата в зоне экологического бедствия за счет увеличения площадей водной поверхности и увлажненных территорий. Таким образом, постепенно, малыми темпами, решается вопрос стабильного водообеспечения Южного Приаралья.

При этом, необходимо разработать и/или усовершенствовать систему постоянного мониторинга водных объектов и ветландов.

С 10 июня по 18 июля 2021 года специалисты НИЦ МКВК провели экспедицию для оценки состояния озерных систем Судочье, Джылтырбас, Муйнак, Рыбачье и других водных объектов Южного Приаралья (рис. 1), а также работоспособности гидростов для замера уровня воды и расхода на каналах, коллекторах и водоемах Приаралья, реконструированных в 2011 г. в рамках проекта «САВа – Вода в Центральной Азии».

Целью исследований является мониторинг и оценка экологического состояния озерных систем и ветландов Южного Приаралья с внедрением инновационных подходов (описание GPS точек в сочетании с космическими наблюдениями).

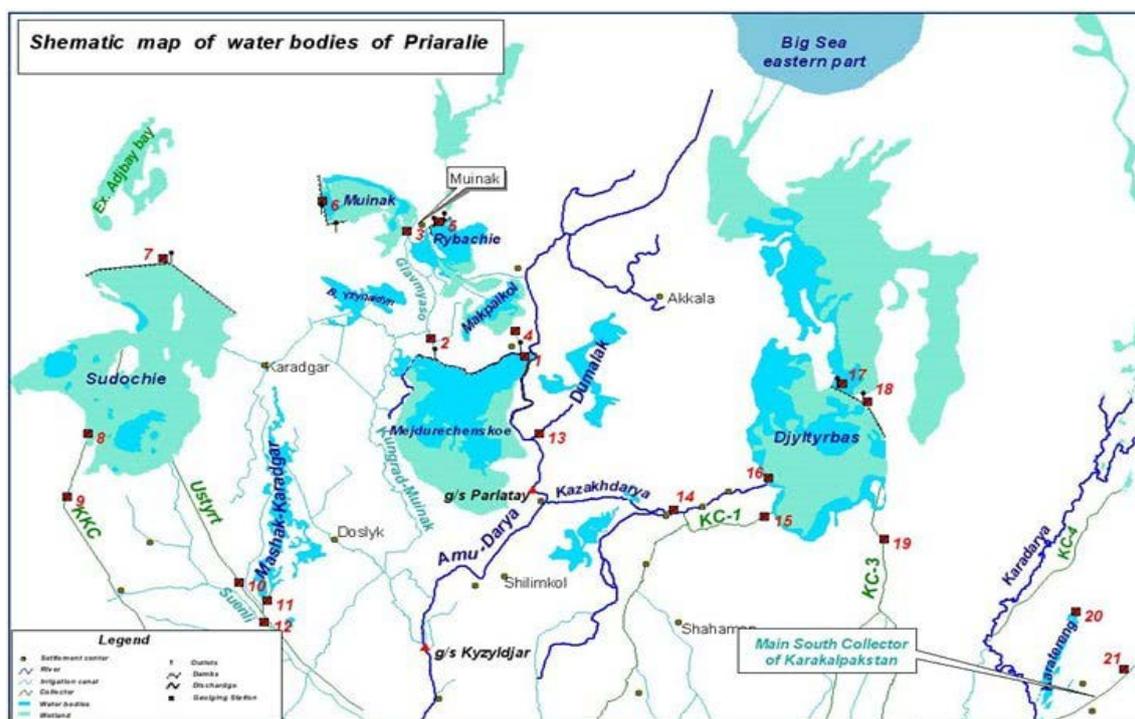


Рис. 1. Схематическая карта расположения водных объектов Южного Приаралья

Протяженность маршрута экспедиции в Южном Приаралье составила почти 2500 км. Общее количество комплексных учетных точек достигло 80 (из них 59 вокруг/внутри водоемов и 21 на гидротехнических сооружениях на этих водоемах). В составе экспедиции работали эколог, гидротехники, специалисты по дистанционному зондированию земли и геоинформационным системам.

Методика и методология

Для оценки использовались натурные и космические наблюдения (описание GPS точек в сочетании с космическими наблюдениями). Состояние водных объектов и прилегающих территорий оценивалось по избранным гидрологическим и гидротехническим характеристикам (табл. 1).

Таблица 1

Параметры и методы оценки локальных водоемов и прилегающих территорий в Южном Приаралье

Параметры	Метод
Гидрология:	
процентное покрытие водной поверхности	визуально
глубина воды	морская рейка РГО2 и измерительная рулетка
минерализация и температура	портативный прибор ProCheck (Decagon Devices, Inc)
Почва:	
процентное покрытие голой почвы	визуально
влажность в процентах	ручной
степень засоления	по кристаллам солей на поверхности почвы
Растительность:	
процент покрытия	визуально
вид растительности	визуальные наблюдения
состояние растений (зеленые, высохшие, сгоревшие)	визуальные наблюдения
Гидротехника:	
состояние гидropостов на каналах, коллекторах и водоемах	визуальные наблюдения, встречи с сотрудниками дельтового управления

Результаты и обсуждение

Состояние водных объектов Южного Приаралья вызывает обеспокоенность и требует скоординированных решений

Экосистемы водно-болотных угодий (ветланды) выполняют множество ценных функций и услуг и обеспечивают критически важную среду обитания перелетных птиц и диких животных. Несмотря на их важность, площадь воды озерных систем дельты реки Амударья и Южного Приаралья уменьшаются из года в год (рис. 2).

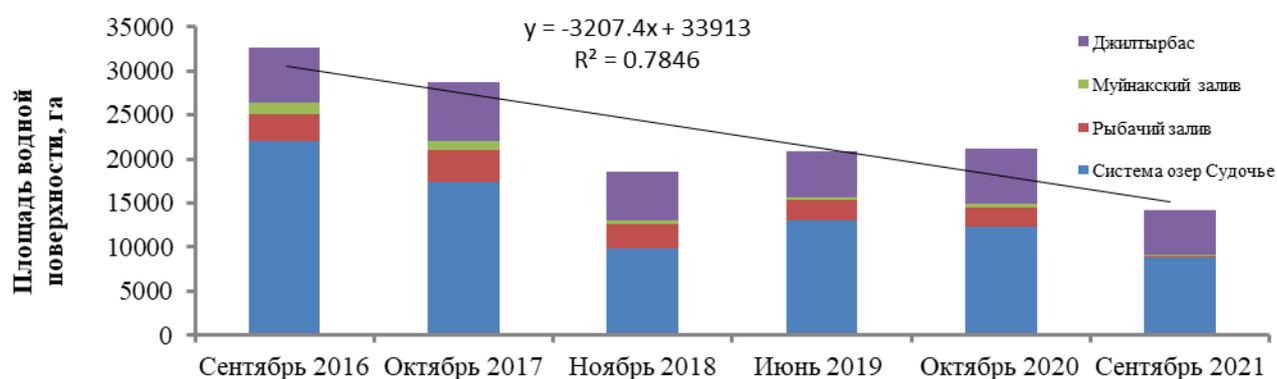


Рис. 2. Динамика изменения площади водной поверхности ключевых водоемов Южного Приаралья

Источник: http://www.cawater-info.net/aral/data/monitoring_amu.htm

Специалистами НИЦ МКВК по спутниковым снимкам определены площади открытой поверхности некоторых озерных систем Южного Приаралья. Их сопоставление с проектными площадями за период 2016-2021 гг. показывает, что разница площадей достигает несколько тыс. га (рис. 3-5).

Оставшиеся ветланды чрезвычайно чувствительны к изменению водоподдачи, температуры и осадков. Частое высыхание озер (например, о. Машанкуль или высохшие небольшие лужи озерной системы Макпалкуль) приводит к большим потерям рыб, адаптированных к жизни в этих водоемах, а также к ущербу рыбопромысловым хозяйствам.

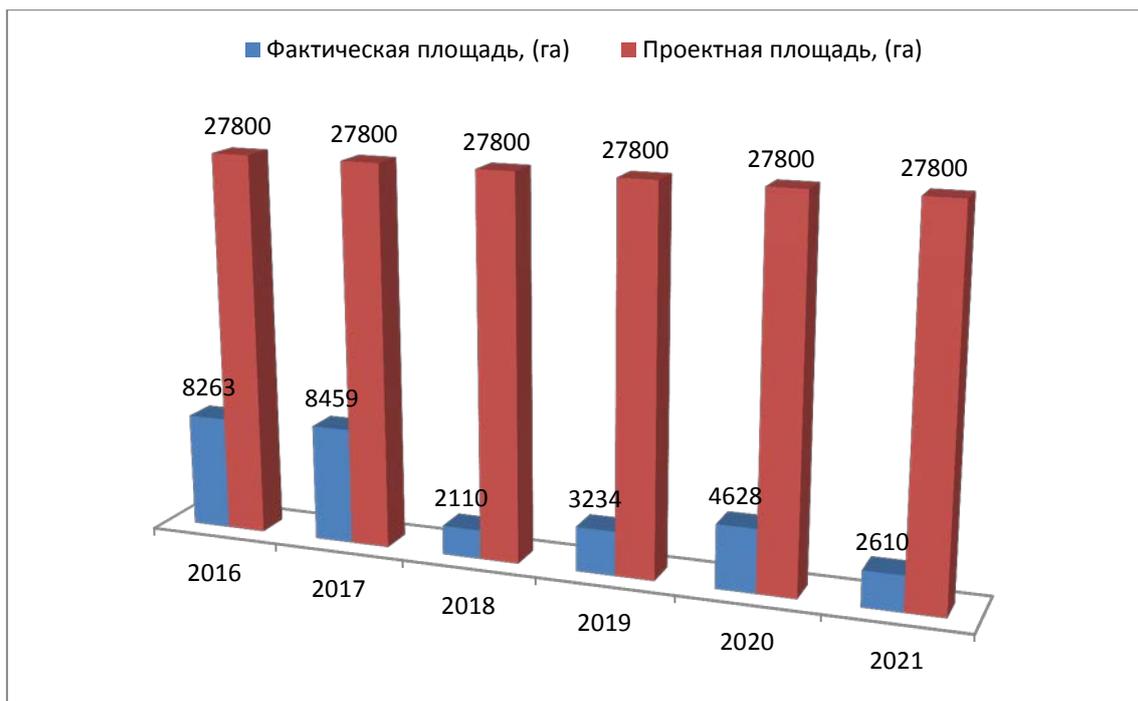


Рис. 3 Сопоставление изменения площадей открытой водной поверхности Междуреченского водохранилища с проектными данными по годам

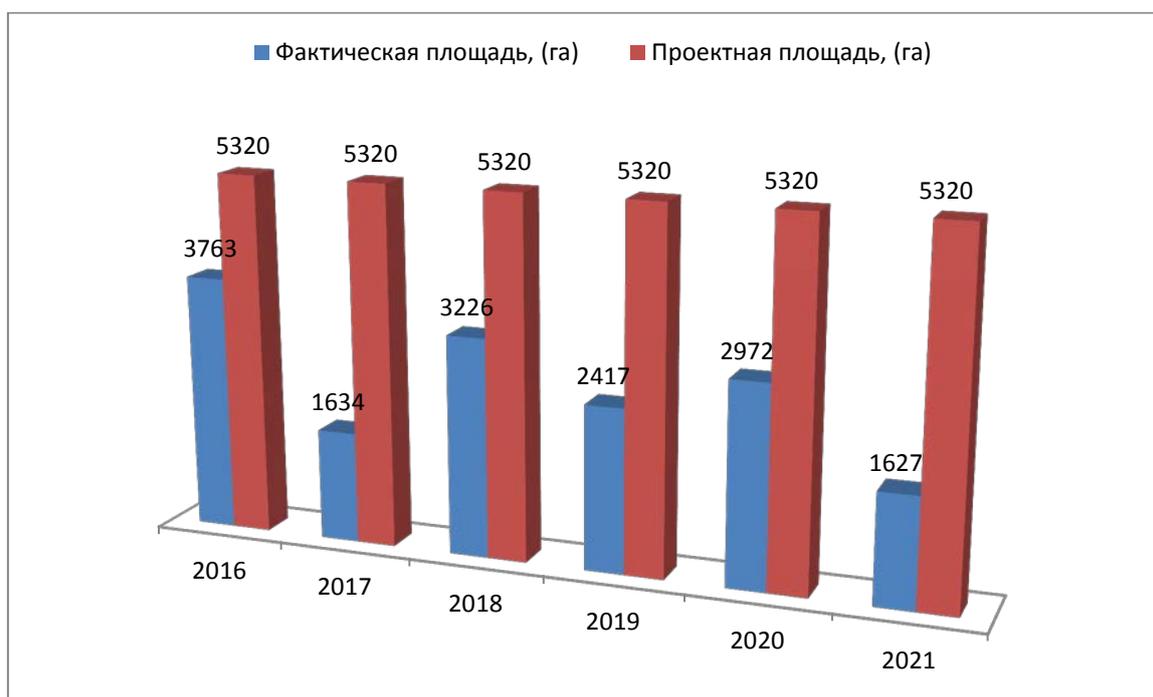


Рис. 4 Сопоставление изменения площадей открытой водной поверхности озера Рыбачье с проектными данными по годам

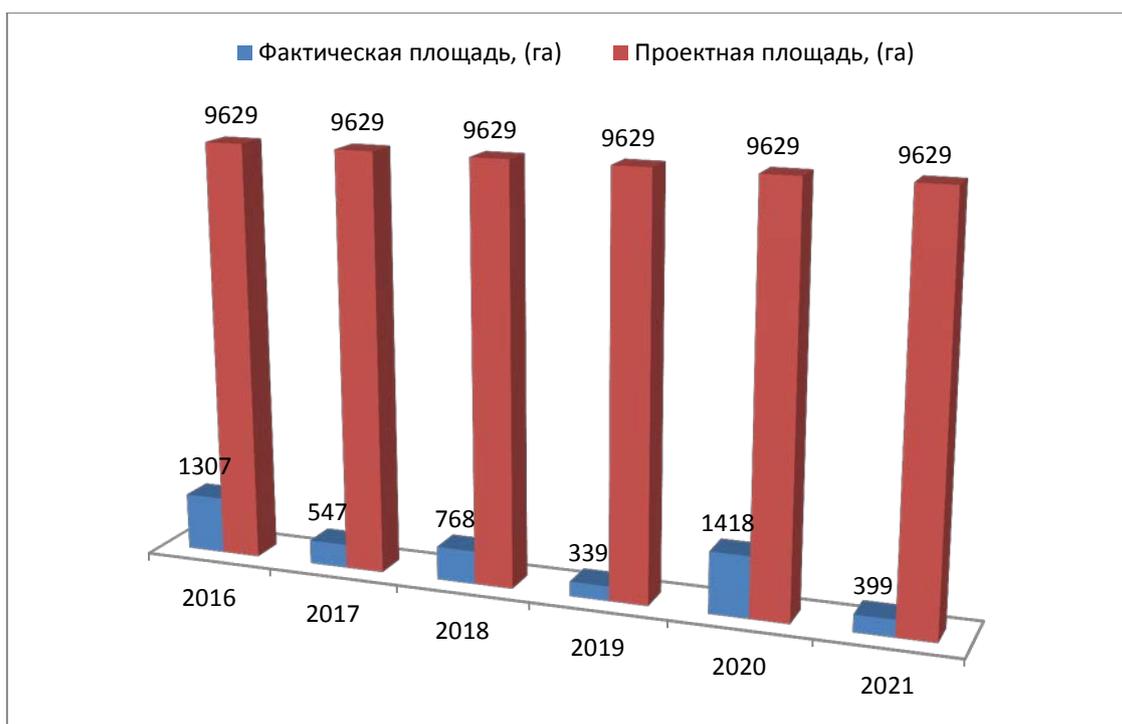


Рис. 5 Сопоставление изменения площадей открытой водной поверхности озера Муйнакское с проектными данными по годам

Нестабильная водоподача в дельту и озерные системы сводит на нет мероприятия по стабилизации экосистем и социально-экономическому развитию Южного Приаралья

Серьезной угрозой для ветландов и озерных систем является снижение поступления необходимого объема воды для поддержания экосистемы. В последние годы из-за повторяющейся засухи, приток к дельте Амударьи снижается, что не позволяет обеспечить минимальный объем воды ($3,5 \text{ км}^3$) в качестве санитарных попусков (рис. 6).

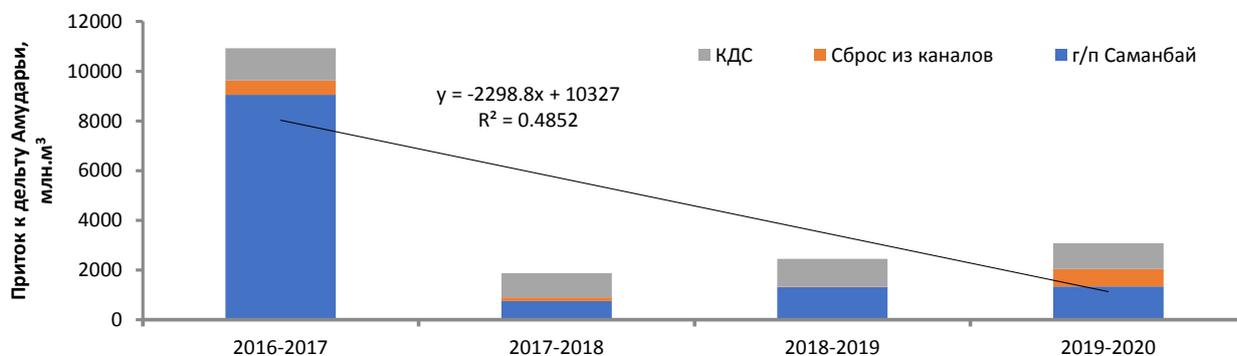


Рис. 6. Приток к дельте Амударьи за гидрологический год

Источник: БВО «Амударья»

Подача воды для нужд экосистем осуществляется по остаточному принципу. Их питание частично обеспечивается за счет коллекторно-дренажных вод и небольшого объема речного стока после удовлетворения потребностей орошаемого земледелия. Требуется повысить приоритетность потребностей в воде экосистем при водораспределении и привлекать дополнительные источники воды.

В качестве потенциального дополнительного источника воды в озерные системы, предлагается рассмотреть предложение ОАО «Узсувлойиха» и НИЦ МКВК по переброске вод Озерного коллектора из Хорезмской области в дельту реки Амударьи и Приаралье. Реализация данного проекта способствует притоку воды (не менее 4.5 км^3) в дельту реки Амударьи, что обеспечивает постоянное поддержание биопродуктивности озерных систем дельты. Кроме этого, в результате снижения уровня коллекторно-дренажных вод улучшится мелиоративное состояние орошаемых земель в Хорезмской области.

Выводы и заключение

Следует особо отметить, что проведенные в последние годы Правительством Республики Узбекистан большие объемы работ в зоне Приаралья по созданию водоемов, строительству дамб, мероприятиям по рациональному использованию водных ресурсов, развитию рыболовной отрасли значительно улучшили экологическую и социально-экономическую обстановку в Приаралье.

Тем не менее, практика показывает, что многие проблемы остаются не решенными. В этой связи необходимо рассмотреть ряд следующих проблемных вопросов:

Для повышения эффективности управления в дельте требуется уделить особое внимание вопросам водоучета, кадров и финансирования

В настоящее время **учет потерь воды** на основных водных артериях (реках, каналах и коллекторах) **ведется приблизительно**. Представитель Дамбового управления дельты пояснил, что если канал или река имеет протяжённость 200 км, то объем потерь воды принимается 20%.

Имеется серьезная **нехватка кадров и финансирования**. В Дельтовом управлении Приаралья в 2021 году сократили почти половину сотрудников.

Для флоры и фауны Южного Приаралья представляет угрозу неконтролируемая охота на водоплавающих птиц, вырубка кустарников и поджог сухих тростников

Чабаны жгут тростники, чтобы отследить животных и расширить площади для отгонного скотоводства, так как на месте выгоревших появляются новые, более сочные стебли. Однако стихийно распространяющиеся пожары наносят вред флоре и фауне. Поэтому необходимо жестко регламентировать и контролировать сжигание высушенного тростника, установив дозволенное время и место. Использование космических снимков и дронов позволит определить потенциально опасные места и масштабы пожаров на ветландах. Важно проводить разъяснительные работы по предупреждению пожаров среди местного населения. На землях заказника несанкционированная охота и рыбалка должны быть строго запрещены, а полномочия инспекторов по охране природы заказников усилены, в том числе в части привлечения к ответственности лиц, нарушающих законы «О лесах» и «Об охраняемых природных территориях».

Развитие пастбищной аквакультуры может создать устойчивый доход и улучшить состояние водоемов

Водоёмы Южного Приаралья могут служить базой для создания хозяйств пастбищного рыболовства,²⁴ что пока не используется. Ввиду огромной площади водоемов, возможности пастбищной аквакультуры на данной территории велики. Успешное развитие пастбищной аквакультуры будет во многом зависеть от создания питомников для размножения мальков обитаемых в этих условиях рыб с соблюдением точной технологии производства рыбы, включая устройство специальных прудов, в которых создаются необходимые условия для существования, роста и развития рыбы, использование методов интенсификации – мелиорации и удобрения прудов, кормления рыбы. Развитие пастбищной аквакультуры позволит превратить водоемы в кормовую базу рыб, а также улучшить их санитарное состояние.

Состояние гидростов неудовлетворительное

Большинство гидростов для замера уровня и расхода воды на каналах, коллекторах и водоемах Приаралье, реконструированные в 2011 г. в рамках проекта «CAWa – Вода в Центральной Азии», требуют модернизации и восстановления. Некоторые из них находятся в нерабочем состоянии,

²⁴ Пастбищная аквакультура – процесс выращивания рыбы в искусственных условиях от оплодотворения до мальковой стадии с последующим выпуском в открытые водоемы для нагула, который ведется за счет естественной кормовой базы.

на некоторых нет реек, и они не зафиксированы. Рекомендуется при модернизации этих гидростов учитывать также восстановление до проектных сечений каналов и коллекторов, проводить контрольные замеры уровня и скорости потока для обновления рабочего графика $Q = f(h)$, оборудование гидростов автоматическими датчиками для бесперебойной передачи данных, а также оснащение диспетчерской службы современными технологиями (с восстановлением штата).

Развитие туристической деятельности на плато Устюрт и прибрежной полосе Судочье требует внимательного отношения к природе и истории этого края

В п.34 «Дорожной карты» по обеспечению реализации инициатив и предложений Президента Республики Узбекистан, озвученных на Саммите Глав государств-учредителей МФСА, утвержденной Распоряжением Кабинета Министров Республики Узбекистан от 16.11.2018 г. № 965-ф поставлена задача по созданию туристического комплекса на берегу озера Судочье, определены механизмы, сроки и ответственные исполнители.

Необходимо возобновить подготовку паспорта и проектной документации этого комплекса, проработать вопрос привлечения инвестиционных и грантовых средств. При реализации данной задачи необходимо сохранить исторический облик рыбацкого поселка Урга, где больше полувека назад кипела жизнь рыбаков, работала сигнальная башня, которая сейчас разрушена.

При этом, можно использовать опыт создания туристического комплекса на примере заповедника Хула на севере Израиля, где туристы могут наблюдать птиц вблизи через наблюдательные тележки (рис. 7) и биосферного заповедника Рён, Бавария, Германия, где туристы могут наслаждаться пейзажем ветланда, гуляя по древесным тропам.



Рис. 7 Журавли (*Grus L.*) в заповеднике Хула на севере Израиля (а) и биосферный заповедник Рён, Бавария, Германия (б)

Не используется лечебный потенциал соленых вод водоемов Приаралья

Соленые воды обладает многими полезными свойствами, которые могут использоваться в лечебных целях. Необходимо изучить гидрохимический состав соленых вод мелких водоемов (например, водоем восточной части о. Джылтырбас, где соленость выше, чем 120 dS/m) для развития лечебниц на их базе.

Мониторинг за состоянием водных объектов в Южном Приаралье должен проводиться на постоянной основе с использованием наземных и космических данных

Действующая система мониторинга не позволяет отслеживать все изменения в состоянии водных объектов на обширной территории Южного Приаралья из-за недостатка точных карт, неразвитой сети пунктов оперативного наблюдения и наземных, в том числе и метеорологических, станций. Данные космических наблюдений могут частично решить имеющиеся проблемы.

Специалистами НИЦ МКВК проводится ежемесячная оценка изменения площади водной поверхности и ветландов Южного Приаралья, Западной и Восточной частей Аральского моря на основе космических снимков. Эти данные ежемесячно публикуется на портале CAWater-Info (www.cawater-info.net/aryl/data/monitoring_amu.htm). Материалы (матрица данных с описанием 80 точек GPS) данной экспедиции будут использованы для усовершенствования методики определения площадей водных объектов и ветландов.

Литература

1. Отчет о проведенной экспедиции по «Мониторингу озер и ветландов Южного Приаралья», Ташкент 2021. http://cawater-info.net/library/rus/aralsea_monitoring_2021_ru.pdf.
2. Красная книга Республики Узбекистан – Животный мир, Том-2, Т.: Chinog ENK, 2009, С.218.
3. Конвенция о водно-болотных угодьях, имеющих международное значение главным образом в качестве местообитаний водоплавающих птиц (принята 2 февраля 1971 года в г. Рамсар)
4. Программа технико-экономического развития , Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 16.01.2019 г. № 37 «О мерах по комплексному социально-экономическому развитию Муйнакского района Республики Каракалпакстан», <https://lex.uz/ru/docs/4164159>

Термины и определения

- Ветланд**²⁵ - территория, частично или полностью покрытая тонким слоем воды, пресной или соленой, и особой растительностью, адаптированной к таким условиям, сюда относятся заболоченные понижения рельефа, лагуны и марши, поймы, болота и зарастающие озера, водохранилища и пруды.
- Водоем** - постоянное или временное скопление стоячей или со сниженным стоком воды в естественных или искусственных впадинах (озёра, водохранилища, пруды и т. д.).
- Водные растения** - многолетние (реже однолетние) погруженные в воду полностью или большей своей частью (гидатофиты) или погруженные в воду только нижней, корневой частью (гидрофиты) растения, необходимое условие жизни которых - пребывание в пресной (большей частью), солёной или солоноватой воде.
- ГИС** - геоинформационная система (географическая информационная система) – это аппаратно-программный инструмент и одновременно человек-машинный комплекс, обеспечивающий сбора, обработку, анализа, хранения и графической визуализации пространственных (географических) данных и связанной с ними информации.
- Лужа** - относительно небольшое скопление воды в углублениях или впадинах на поверхности земли.
- Солончак** - тип почвы, характеризующийся наличием в верхних горизонтах легкорастворимых солей в количествах, препятствующих развитию большинства растений, за исключением галофитов (солерос, солянка, сведа и др.), которые также не образуют сомкнутого растительного покрова. Формируются в аридных или полуаридных условиях при выпотном водном режиме.
- Такыр** - форма рельефа, образуемая при высыхании засоленных почв (такырных почв) в пустынях и полупустынях. Для такыровидных характерны поверхностный слой почвы, который при высыхании уменьшается в объёме, образуя корку, разбитую трещинами на отдельные многоугольные плиты различных форм и размеров.

²⁵ Рамсарская конвенция использует широкий подход при определении водно-болотных угодий, подпадающих под её юрисдикцию. В соответствии с текстом Конвенции (Статья 1.1), водно-болотные угодья определяются как «районы болот, фенот, торфяных угодий или водоёмов - естественных или искусственных, постоянных или временных, стоячих или проточных, пресных, солоноватых или солёных, включая морские акватории, глубина которых при отливе не превышает шести метров».

Кроме того, в целях охраны целостных природных комплексов, Статья 2.1 предусматривает, что в Рамсарский список водно-болотных угодий международного значения «могут включать прибрежные речные и морские зоны, смежные с водно-болотными угодьями, и острова или морские водоёмы с глубиной больше шести метров во время отлива, расположенные в пределах водно-болотных угодий».

Анализ и оценка потерь воды в оросительной сети

Мирзаев Н.Н.

Введение

Нарастающая тенденция нехватки водных ресурсов для сельского хозяйства в связи с изменением климата и антропогенного воздействия требует поиска мер по увеличению продуктивности имеющихся водных ресурсов. Проблема низкой продуктивности использования оросительной воды в Центральной Азии (ЦА) в значительной степени является проблемой нерационального использования, и, следовательно, управления водными ресурсами.

Безусловно, «как во многих других регионах мира, водные проблемы Центральной Азии не являются проблемой дефицита воды как такового, но результатом комплекса политических, геополитических, экономических и социальных мотивов» [1], результатом которых является низкий уровень управления, эксплуатации и технического обслуживания (УЭ&ТО) гидромелиоративных систем (ГМС).

«За последние 25 лет расходы на эксплуатацию и техническое обслуживание ... финансировались не в полном объеме – Министерство сельского и водного хозяйства ... покрывало лишь 15-25% от требуемых затрат. Устаревая инфраструктура усугубляют существующие недостатки в управлении ирригационными системами и приводит к снижению их КПД, в результате чего 70% воды не достигает сельскохозяйственных культур. Финансовые потери страны, в результате ухудшения состояния объектов инфраструктуры и слабого управления, оцениваются на уровне 1,7 млрд. долларов США в год (около 8% от ВВП)» [2].

Управление водой и в эпоху Советского Союза было известно своим чрезмерным использованием воды, что привело к истощению земли, и, наконец, к катастрофе Аральского моря. В настоящее время правительство предпринимает усилия на улучшение ситуации путем увеличения инвестиций в водное хозяйство. «...Общая сумма затрат, требуемых на восстановление ирригационной и дренажной инфраструктуры Узбекистана, варьирует от 23 до 31 млрд. долларов США» [3].

Дефицит инвестиций требует принятия взвешенных решений на краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные перспективы путем совместного рассмотрения проблем водопоставки, водопотребления и водоотведения и с учетом того, что инвестиции в развитие УЭ&ТО не менее важны, чем инвестиции в реабилитацию и модернизацию. ФАО модернизацию рассматривает как: «процесс обновления технического и управленческого аспектов оросительных систем (в противоположность обыкновенному восстановлению) с целью улучшения эксплуатации ресурсов (трудовых, водных, экономических, экологических) и оказания услуг по водообеспечению хозяйств» [4].

Более точная информация о компонентах водопоставки, водопотребления и водоотведения, таких как водозаборы, транспортировка воды, безвозвратное водопотребление и возвратный сток по секторам водопотребления, и факторах, которые влияют на эти компоненты, позволит лицам, ответственным за планирование, принимать более обоснованные решения для будущего, а менеджерам повысить уровень УЭ&ТО с учетом рекомендаций специалистов в области эксплуатации [5-11].

Фокусом данной работы являются вопросы, касающиеся одного из важнейших характеристик состояния и функционирования оросительных систем – коэффициента полезного действия канала (КПД), который непосредственно зависит от потерь в канале.

На практике из-за низкого уровня мониторинга и оценки (М&О) имеет место дефицит достоверной информации приемлемой точности о потерях воды. Нередко, например, реальные значения КПД канала/сети/системы неизвестны или недостаточно известны. Часто ирригационные специалисты не представляют себе уровня эффективности систем, который существует в этой сфере. Они также не представляют себе диапазон значений КПД систем.

Вызвано это многими причинами. Одна из причин заключается в том, что мониторинг и оценка оросительных систем – это сложный и трудоемкий процесс. Дело в том, что наряду с сосредоточенными притоками в оросительный канал (водозабор, боковой приток, ...) и оттоками воды из оросительного канала (водоподача, сброс, транзит), которые можно, в принципе, замерить и учесть при расчетах, на практике имеют место рассредоточенные притоки (сбоку и со дна канала) и оттоки воды (утечка, перелив,...), которые в производственных условиях сложно или не представляется возможным замерить и учесть.

Наличие рассредоточенных притоков и оттоков воды, а также несанкционированных водозаборов (хищения воды) сильно осложняет задачу определения реальных потерь воды и, соответственно, принятия адекват-

ных инвестиционных решений на краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные перспективы.

При планировании мер по улучшению управления водой, в частности, при разработке предложений об инвестициях в эффективность использования водных ресурсов, важно не только знать реальные КПД канала/сети/системы, но также следует иметь в виду, что потери воды в каналах вызывают не только ряд проблем, но имеют, как отмечено ниже, и положительные последствия («не было бы счастья, да несчастье помогло»).

Поэтому необходимо проявлять осторожность при разработке и осуществлении стратегий и мероприятий, которые направлены на повышение эффективности поставки воды и поливов и, таким образом, на предотвращение/снижение потерь воды.

Повторное использование возвратных вод

Большую роль в практике ирригации играют возвратные воды. Практики уже давно, особенно при дефиците водных ресурсов, используют возвратную воду на орошение (даже, нередко, вопреки запретам мелиораторов). И это, очевидно, одна из немногих ирригационных приемов, к применению которых принуждать практиков не надо.

Возвратные воды, которые формируются из потерь воды в оросительной системе, частично повторно используются для нужд ирригации и/или безвозвратно теряются на испарение и фильтрацию, будучи отведенным в естественные пустынные понижения. «Потерянная» вода постоянно рециркулируется через систему ирригационной и коллекторно-дренажной сети. Большая часть возвратной воды попадает в коллекторно-дренажную сеть, но может оказаться и в нижерасположенных оросительных каналах (саях, реках), работающих местами и временами как коллектор.

Возвратные воды состоят из 1) сбросных вод, то есть вод поверхностного стока и 2) дренажных, то есть вод грунтового/подземного стока (блок 1). К сбросным водам относятся: 1) сбросные воды с поливных участков, в частности с рисовых полей; 2) воды из оросительной сети, сбрасываемые через сбросные каналы в случае необходимости срочного прекращения или уменьшения подачи воды.

К дренажным водам относятся: 1) воды, профильтровавшиеся из каналов и с поливных участков, выклинившиеся на поверхность земли в пониженных элементах рельефа; 2) воды, сбрасываемые дренажной сетью.

Блок 1. Возвратные воды и их повторное использование

В верхних течениях рек (например, в Ферганской долине) практически вся вода, потерянная для конкретного канала, многократно используется ниже по течению и в этом смысле не является безвозвратно потерянной водой. Другая картина складывается в среднем и нижнем течениях рек, где потери преимущественно являются безвозвратными и где антифильтрационные мероприятия в особенности необходимы.

«Из 63 км³ использованной потребителями воды, 27 км³ (43%) представляют собой продуктивные безвозвратные затраты стока, то есть непосредственно участвуют в производстве народнохозяйственной продукции. Соответственно, 36 км³ включают в себя возвратный сток в виде потерь из различных звеньев оросительной сети, а также дренажных вод. Только часть этой воды используется повторно (8,4 км³ или 23%) внутриконтурно и последовательно. В бассейне реки Сырдарья он составляет 4,7 км³, а в бассейне реки Амударья - 3,7 км³. Остальная вода поступает обратно в источники или в ирригационно-сбросные озера и понижения, а также рассеивается на транзиты [12].

«Повторное использование возвратных вод занимает значительное место в регионе. Объем возвратных вод в среднем за 1990-1994 годы составил 43,3 км³ за счет вод, поступивших от орошения (40,0 км³), от промышленности и хозяйственно-бытовых нужд (3,3 км³). Из объема коллекторно-дренажных вод около 51 % возвращается в реки, 13 % повторно используется для орошения. Большое количество коллекторно-дренажных вод теряется (около 36 %, т.е. 16,4 км³), они сбрасываются в естественные понижения и испаряются. Повторное использование вод (оросительных и коллекторно-дренажных, сбрасываемых в реки) составляет от 45 % в Туркменистане до 100 % в Кыргызской Республике и Таджикистане» [13].

Масштабное не всегда продуманное повторное использование возвратных вод привело к выигрышу в «количестве воды», но к проигрышу в «качестве земель» (блок 2)²⁶.

Из вышеизложенного вытекает, что при проработке предложений об инвестициях в эффективность использования водных ресурсов важно учитывать, что

– Потерянная из каналов вода создаёт ряд проблем:

- Засоления, поскольку она «выталкивает» рассолы из глубоких горизонтов к поверхности почвы;
- Заболачивания местности (при просадочных грунтах – к деформациям канала и разрушению сооружений, в горных условиях – к опасным обрушениям и селям).

²⁶ Совершенно очевидно, что огромные объёмы солей, выносимые дренажом с орошаемых полей в верхнем течении попадают на земли среднего течения, а далее перемещаются на земли нижнего течения и приводят к повторному засолению земель. На р. Сырдарья, например, точки впадения в нее КДС и точки водозабора на орошение (насосные станции) нередко находятся совсем близко друг от друга.

- Потерянная из каналов вода, наряду с проблемами, может создать и выгоды²⁷:
 - Часть потерянной воды повторно используется на орошение, в основном, в зонах имеющих высокую проточность грунтовых вод при малой их минерализации.
 - Нередко потерянная вода выполняет важную экологическую функцию по поддержанию флоры и фауны в прилегающей к оросительному каналу территории.
 - Нередко потерянная вода выполняет важную социальную функцию. На территориях, где существенный процент населения не имеет нормального доступа к водным ресурсам, потери воды в системах могут иметь преднамеренные и непреднамеренные, но выгодные последствия, например, потери воды в оросительных каналах могут пополнить запасы грунтовых/подземных вод и, таким образом, увеличить их используемые запасы. И, часто от этого выигрывают самые бедные слои населения (исключенные при планировании выгод от развития инфраструктуры).
- Только снижение безвозвратного водопотребления и воды, которая теряется в пустынных понижениях и соленых водоемах или становится непригодной для повторного использования, может высвободить воду для нового использования.
- Повторное использование «потерянной» воды является важным инструментом повышения продуктивности использования оросительной воды, но этот инструмент следует использовать только в случаях, когда это не ведет к деградации орошаемых земель и не связан с большими затратами (блок 3).
- Концепция эффективности мер по борьбе с потерями воды должны рассматриваться в привязке к конкретному ирригационному объекту, масштабу и задачам. Повышение эффективности орошения на нижнем уровне (например, на уровне ирригационной системы) в связи с многократным повторным использованием воды может дать гораздо меньшую, чем ожидается, экономию воды на более высоком уровне (например, на уровне бассейна)²⁸.
- Большое количество возвратной воды — это показатель низкого уровня/стандарта УЭ&ТО гидромелиоративной системы.

²⁷ Учитывая то, что «потерянная» вода вызывает не только проблемы, но имеет и положительные последствия, важно оценить, что выгоднее: прямо инвестировать средства для обеспечения водой бедных слоев населения или продолжить неэффективную эксплуатацию каналов.

²⁸ Хотя, например, потери на уровне фермерских хозяйств чувствительны для фермеров, ибо влекут расходы, связанные оплатой и перекачкой воды, в более крупном масштабе они не являются потерями.

- Низкий уровень/стандарт УЭ&ТО является в определенной степени следствием 1) надежды (не всегда оправданной) службы эксплуатации водных структур на то, что коллекторно-дренажная сеть отведет с полей «лишнюю» воду и 2) необязательностью выполнения строгих запретов на повторное использование возвратных вод неприемлемого качества.
- Стратегия должна быть направлена на поиск путей целесообразного снижения объемов возвратных вод и их очистку²⁹.

Блок 2. Возможные последствия повторного использования возвратных вод

Какое то время такой подход (повторное использование возвратных вод), возможно, оправдывал себя, так как раньше на староорошаемых землях Центральной Азии уровень минерализации дренажных вод был относительно низким и возврат дренажных вод в систему рек через коллекторы оказывал незначительное влияние на уровень минерализации речной воды.

Однако, последствия такой стратегии использования водных ресурсов сказались достаточно быстро; уже к 1985-1995 годам водные ресурсы основных речных систем бассейна Аральского моря оказались недопустимо загрязненными и практически исчерпанными. Но это было только начало целого ряда негативных последствий, приведших к развитию экологического и социально-экономического кризисов в бассейне Аральского моря.

Замкнутый водо- и солеоборот на орошаемых землях привел к увеличению минерализации речных вод и к повсеместному и прогрессирующему развитию засоления, снижению плодородия и продуктивности орошаемых почв» [14].

Блок 3. Затраты, связанные с повторным использованием возвратных вод

Повторное использование возвратных вод связано с дополнительными материальными затратами. Так, в Куйичирчикском районе Ташкентской области водопоставка на поля осуществляется, главным образом, самотечным способом, но местами часто используются насосы (19 единиц). Это происходит потому, что прогнать воду до некоторых концевых полей агроучастка по разным причинам, связанным с дефицитом воды и плохим управлением водой, не получается.

Кроме того, несколько раз в год в русле рек Чирчик и Ахангаран для забора воды на орошение самотеком возводятся временные подпорные дамбы. Все это связано дополнительными затратами, которые ведут к снижению экономической продуктивности использования оросительной воды.

Потери оросительной воды при транспортировке

Основное назначение оросительной сети – транспортировка оросительной воды к точкам выдела и подача ее водопотребителям в установ-

²⁹ Как это делают в развитых странах (Израиль, Австралия, Франция,...)

ленные сроки и в установленных объемах. Эффективность транспортировки оросительной воды определяется величиной потерь и КПД канала. Чем больше потерь и ниже КПД, тем ниже эффективность транспортировки. Размер потерь воды зависит от вида оросительной сети (блок 4).

Блок 4. Потери воды в межхозяйственной и внутрихозяйственной оросительной сети

«В межхозяйственной сети в настоящее время теряется около 20% воды, используемой на орошение. Внутрихозяйственная сеть отличается более значительными потерями воды. По оценкам специалистов, от 50 до 60% воды, поступившей во внутрихозяйственную сеть, теряется. Кроме того, около 10% воды теряется еще и во временной оросительной сети» [12].

Виды потерь оросительной воды при транспортировке

Потери воды в канале при транспортировке условно можно поделить на технические и эксплуатационные. Соответственно, можно классифицировать и КПД канала/сети/системы. Кроме того, различаются следующие виды КПД: фактический, проектный, плановый, нормативный³⁰.

Технические потери:

- Фильтрационные потери воды через стенки и дно русла, зависящие от антифильтрационных свойств ложа канала, а также от рельефа и гидрогеологических условий местности, где проложен канал. Потери на фильтрацию могут достигать очень больших величин, заметно снижающих экономическую эффективность канала.
- Потери на испарение с водной поверхности, включая сюда и транспирацию дикой влаголюбивой растительностью (например, тростником, рогозом и др.), укоренившейся в русле каналов. Потери на испарение зависят от климатических условий местности, где проложен канал (температура воздуха, скорость ветра, ...) ³¹.

³⁰ Например, в соответствии с российскими нормативами КПД каналов оросительной системы должен быть равным для каналов в земляном русле — 0,90; в бетонной, пленочной одежде или асфальтобитумной одежде, а также в железобетонных лотках — 0,96; для трубопроводов — 0,98.

³¹ По традиционной классификации потери воды на испарение относят к техническим потерям.

Эксплуатационные потери³²:

Наряду с техническими потерями в практике управления водой имеют место эксплуатационные потери, которые вызваны низким уровнем УЭ&ТО:

- Утечки воды со сбросных сооружений, вызванные неточными уставками затворов, отсутствием в течение продолжительного периода настройки затвора и т.д.
- Холостые сбросы воды из оросительного канала через водосброс, вызванные несогласованными во времени размерами водоподачи потребителям и использованием воды на проведение поливов,
- Сброс «мертвого объема» при временном прекращении работы канала.
- Переливы воды через борта канала³³.
- Несанкционированные заборы (воровство) воды.

Факторы, влияющие на величину потерь

Виды покрытия дна и откосов канала

Проводящая сеть состоит из каналов с различным покрытием (земляное, искусственно заcolmатированное, монолитная бетонная облицовка, асфальтобетонная облицовка, лотковая сборная облицовка, трубчатая сборная облицовка, ...).

Участки каналов могут быть однородными, но чаще бывают неоднородными с точки зрения фильтрационных характеристик. Движение воды в каналах происходит в разных породах и материалах, которые обладают различной порозностью, трещиноватостью и водопроницаемостью,

Протяженность и число выделов из канала. Чем больше протяженность канала и точек выдела из него, тем больше вероятность потерь воды.

Схема оросительной сети. «Узловая» схема оросительной сети является более предпочтительной по сравнению с «елочной» с точки зрения возможности для контроля и управления водопоставкой и, соответственно, для снижения потерь воды.

³² Эксплуатационные потери часто называют организационными, хотя они могут быть вызваны и техническими причинами.

³³ Эти потери по традиционной классификации также относят к эксплуатационным потерям, хотя практически они часто вызываются также техническими причинами, а также имеют место при форс-мажоре (сель).

Величина расхода в канале. По мере снижения расхода воды в канале и, соответственно, снижения горизонта воды в нем, потери воды в канале на фильтрацию увеличиваются [7]. В связи с этим, в практике ирригации при глубоком дефиците воды для борьбы с такими потерями используется водооборот [15].

Режим работы канала. В зависимости от режима работы канала во времени различают 1) каналы, работающие длительное время и 2) каналы, работающие периодически. Потери воды на фильтрацию из оросительных каналов зависит от режима работы канала во времени. В этом случае потери воды в канале увеличиваются. Периодический режим работы характерен для внутривладельческих каналов. Поэтому считается, что основная часть оросительной воды теряется из каналов третьего порядка.

Уровень/стандарт эксплуатации. Потери в сети канала зависят от уровня УЭ&ТО.

При низком уровне УЭ&ТО (перегрузка каналов расходами, подпор в каналах, зарастание каналов,...) потери увеличиваются. Потери растут, как правило, когда эксплуатационная организация не может ориентировать водоподачу (предложение) на спрос. Спрос на воду может меняться постепенно или внезапно и локально (вследствие выпадения осадков, роста температуры воздуха, ...) [4].

В системах, ориентированных на предложение, водоподача не может быть настроена под конкретный спрос, что приводит к сбросам воды. Даже каналы, которые обеспечивают некоторую гибкость в водоподаче, должны иметь водосброс, что приводит к потерям, хотя некоторая часть этой сбросной воды может быть повторно использована ниже по течению.

Причины эксплуатационных потерь связаны с низким уровнем/стандартом эксплуатации оросительных систем (недостаточной пропускной способностью ирригационных каналов, недостаточным количеством регулирующих и контролирующих сооружений; ухудшенным техническим состоянием, частыми незапланированными остановками каналов, вызванными прекращением работы насоса, поисками утопленников или прорывами воды в откосе канала, ...).

Расчет КПД оросительного канала

Существует много методов определения технических/фильтрационных потерь в каналах. В производственных условиях персонал службы эксплуатации, как правило, для определения КПД канала может использовать объемный метод. Расчет КПД оросительного канала объемным методом проводится по формуле

$$\eta = W_2 / W_1, \quad (1)$$

где

W_1, W_2 , — соответственно сток воды (брутто) в верхнем и сток воды (нетто) нижнем створах, $\text{м}^3/\text{с}$, л/с.

Стоки воды определяются прямыми экспериментальными замерами расходов потока воды, «входящей» в канал (приток) и «выходящей из канала (отток).

Приток воды в канал

1. Приток ($W_{\text{п}}$).

$$W_{\text{п}} = W_{\text{г}} + W_{\text{б}}. \quad (2)$$

2. Головной приток (водозабор) ($W_{\text{г}}$).

3. Боковой приток ($W_{\text{б}}$):

- Боковой сосредоточенным приток/подпитка ($W_{\text{бс}}$) в канал (водой из водохранилища, сая, другого канала). Этот приток/подпитка может измеряться и его можно учесть в расчетах.
- Боковой рассредоточенный приток/подпитка ($W_{\text{бр}}$) (за счет возвратных вод (поверхностных, подземных), а также осадков, непосредственно падающих на поверхность воды или попадающих в канал в виде дождевого стока). Этот приток/подпитка практически сложно измерить.

Отток воды из канала

1. Водоподача потребителям ($W_{\text{в}}$).
2. Транзитный сток (например, для подпитки Каркиданского водохранилища, Аравансая, Большого Ферганского канала (БФК) и т.д.) ($W_{\text{тр}}$). Можно выделить боковой транзитный расход ($W_{\text{трб}}$) и концевой ($W_{\text{трк}}$).
3. Утечка воды сквозь щели в инфраструктуре канала ($W_{\text{у}}$).
4. Переливы воды через борта канала ($W_{\text{пл}}$).
5. Сброс ($W_{\text{с}}$). Аналогично транзитному расходу можно выделить сброс боковой ($W_{\text{сб}}$) и сброс концевой ($W_{\text{ск}}$).

Ниже приведены формулы для расчета КПД с использованием параметров водного баланса, которые можно определить путем замеров³⁴.

Технический КПД (η_m)

$$\begin{aligned} \eta_T &= (W_B + W_{TP} + W_C) / (W_T + W_6) = \\ &= (W_B + W_{TP}) / (W_T + W_6) + W_C / (W_T + W_6). \end{aligned} \quad (3)$$

Эксплуатационный КПД ($\eta_э$)

$$\eta_э = (W_T + W_6 - W_C) / (W_T + W_6) = 1 - W_C / (W_T + W_6). \quad (4)$$

Общий КПД (далее – КПД) (η)

$$\eta = (W_B + W_{TP}) / (W_T + W_6). \quad (5)$$

Тогда формула (3) с учетом формул (4) и (5) примет следующий вид

$$\eta_T = \eta - \eta_э + 1. \quad (6)$$

Таким образом, КПД составляет

$$\eta = \eta_T + \eta_э - 1. \quad (7)$$

Таким образом, если отсутствуют рассредоточенные притоки и оттоки вод, а также нет эксплуатационных ($\eta_э = 1$) и технических ($\eta_T = 1$) потерь воды, то, соответственно, КПД канала равен единице ($\eta = \eta_T = 1$).

На практике, там, где имеют место рассредоточенные оттоки и притоки воды, КПД канала дает искаженное представление о техническом КПД канала. Если величина неучтенных притоков/подпиток больше величины неучтенных оттоков, то имеем завышенное значение технического КПД канала (КПД канала может быть выше 1), а если наоборот, то – заниженное. Не располагая значениями реальных технических и эксплуатаци-

³⁴ Здесь принята несколько иная классификация КПД, нежели чем в работе www.cawater-info.net/library/iwrm3.htm.

онных КПД каналов не представляется возможным принять верное решение о целесообразных мерах по снижению потерь воды.

Для определения реальных значений технического и эксплуатационного КПД, учитывая возможную неоднородность участков канала, их чувствительность/уязвимость, необходимо, путем тщательного обследования, выбрать репрезентативные участки, где, в зависимости от различных факторов (рельеф местности, отсутствие точек водоподачи, ...), имеют место характерные случаи: 1) возможны только технические потери, 2) возможны и технические, и эксплуатационные потери, 3) отсутствуют рассредоточенные притоки воды и т.д.

Зная технические КПД участков канала, по формуле (7) можно вычислить значения эксплуатационных КПД участков и, затем, средние значения технического и эксплуатационного КПД в целом по каналу. Такого рода исследования КПД необходимо проводить на разных уровнях (ФХ, ОВП, ирригационная система, бассейн, ...) с тем, чтобы принять решения с учетом повторного использования возвратных вод.

Расчет КПД оросительной системы

Имея информацию о КПД каналов, далее, по нижеследующим известным формулам следует установить КПД оросительной сети и КПД системы каналов.

1. Расчет КПД межхозяйственной системы ($\eta_{\text{м/х системы}}$).

$$\eta_{\text{м/х системы}} = \eta_{\text{м/х сети}} \times \eta_{\text{в/х сети}} \quad (8)$$

2. Расчет КПД магистральной системы (или системы магистрального канала) ($\eta_{\text{мгс}}$).

$$\eta_{\text{мгс}} = \eta_{\text{мгк}} \times \eta_{\text{м/х сети}} \times \eta_{\text{в/х сети}} \quad (9)$$

3. Расчет КПД системы орошения ($\eta_{\text{со}}$)

$$\eta_{\text{со}} = \eta_{\text{мгк}} \times \eta_{\text{м/х сети}} \times \eta_{\text{в/х сети}} \times \eta_{\text{поля}} \quad (10)$$

где

$\eta_{\text{в/х сети}}$ – КПД внутрихозяйственной сети.

$\eta_{\text{м/х сети}}$ - КПД межхозяйственной сети.

$\eta_{\text{мгк}}$ - КПД магистрального канала

$\eta_{\text{поля}}$ - КПД поля³⁵.

Мероприятия для снижения потерь оросительной воды из каналов

Для снижения потерь воды из каналов применяют эксплуатационные и конструктивные мероприятия³⁶.

Эксплуатационные мероприятия: плановое водопользование, сокращение протяженности оросительной сети (особенно внутривозвратной), своевременный ремонт и очистка каналов и другие меры по улучшению состояния оросительной сети.

Конструктивные мероприятия: устройство различных видов антифильтрационных одежд, а также мероприятия по изменению фильтрационной способности грунта ложа канала, применение трубчатой сети, Разнообразные природные и хозяйственные условия районов орошения обусловили применение различных мер по борьбе с фильтрацией воды из каналов (антифильтрационные одежды, кольматация, ...) (блок 5).

Блок 5. Меры по снижению фильтрации

Наибольшее распространение получили антифильтрационные одежды из монолитного бетона, сборных железобетонных плит, бетоноплочные и грунтоплочные покрытия. Применяют также лотковые каналы. Каналы (или отдельные отрезки каналов), строящиеся в слабофильтрующих грунтах и устойчивых к размыву и оползанию, могут не иметь одежды.

Бороться с фильтрацией можно также снижением водопроницаемости грунта русла, что можно достичь механическим уплотнением и кольматацией – заполнением пор грунта мелкими частицами, например, для песчаных грунтов может применяться их кольматация глинистыми и илистыми грунтами.

Особым способом снижения водопроницаемости является способ добавления в грунт канала специальных материалов. Сюда можно отнести искусственное осолонение грунта, искусственное оглеение, нефтевание и т. п., однако такие методы ведут к загрязнению водного потока.

Наилучшим способом борьбы с фильтрацией воды, естественно, является замена (открытых) каналов (закрытыми) трубопроводами, которые могут свести фильтрацию воды к нулю.

³⁵ При расчете КПД поля учитываются потери непосредственно на поле, а также потери во временной оросительной сети («ок-арык, «шох-арык»).

³⁶ Потери воды на испарение в большинстве случаев относительно малы и в наших расчетах игнорируются. Тем не менее, там, где это себя оправдывает, борьба с этими потерями также необходима (<https://energосmi.ru/archives/45743>).

Наиболее широко продвигаемые меры по рациональному использованию водных ресурсов включают облицовку каналов. Облицовка каналов в крупномасштабных оросительных системах является одним из наиболее широко продвигаемых подходов для сокращения потерь в орошении. Подобные вмешательства могут быть разработаны с целью улучшения водного надзора и могут сократить утечку на местах, но необязательно приведут к существенной экономии воды по всей орошаемой площади.

Учитывая проблему «голова-конец», когда «прогнать» воду к конечным водопотребителям очень тяжело, а также то, что из-за низких расходов воды потери в концевой части канала особенно ощутимы, логично противофильтрационные меры применять именно для концевого участка канала. Так, в рамках международного проекта ПРООН «Устойчивое управление водными ресурсами в сельской местности в Узбекистане: наращивание технического потенциала (Компонент 2)» [16] выполнена бетонировка концевого участка канала Хужабустан в Пайарыкском районе Самаркандской области (рис. 1).



Рис. 1. Концевая часть канала Хужабустан

Мероприятия по сокращению потерь оросительной воды необходимо рассматривать отдельно по магистральным, межхозяйственным и внутрихозяйственным каналам, что позволяет установить приоритетные объекты наиболее эффективного вложения средств. Считается, что наиболее эффективна комплексная реконструкция внутрихозяйственных систем. В ре-

зультате ее реализации обеспечиваются: экономия воды; прирост сельскохозяйственной продукции; увеличение полезной орошаемой площади.

В существующих условиях, при усилении важности совместного использования поверхностных и грунтовых вод посредством неглубоких скважин (на орошение) на отдельных фермерских участках, системы орошения самотеком с низким КПД водоподводящей части играют все более важную роль в отношении пополнения водоносного пласта. Поэтому, реабилитация или модернизация в таких ирригационных схемах требует гораздо более комплексного подхода к экономии воды и большего внимания к общей эффективности водопользования в системе, нежели к строго технической эффективности.

Облицовка каналов может быть экономически оправданной в структуре планов по модернизации ирригации там и тогда, где и когда она необходима для улучшения водного надзора или в местностях, где потери в водопроводящих каналах высоки и восстановление водного стока ниже по течению маловероятно (блок 6) [4].

Блок 6. Целесообразность облицовки канала

Проблема дефицита воды в Куйичирчикском районе Ташкентской области Узбекистана решается традиционно путем многократного повторного использования возвратной воды, имеющей приемлемое для орошения качество и поступающей из зоны командования вышерасположенных каналов в нижерасположенные: возвратная вода из зоны командования РК-7 используется в зоне командования РК-8; возвратная вода из зоны командования РК-8 используется в зоне командования РК-9, возвратная вода из зоны командования РК-9 используется в зоне командования РК-10. Учитывая хорошее качество возвратной воды, метод повторного водопользования значительно снижает реальные потери воды в масштабе района и практически исключает необходимость в облицовке каналов. Здесь есть необходимость в улучшении УЭ&ТО для борьбы с проблемой «голова-конец/хвост».

Опыт мониторинга КПД ЮФМК

В советский период ВХО с привлечением НИИ и ВУЗов (САНИИРИ, ТИИИМСХ, ...) проводили производственные/натурные исследования по определению фактических потерь в оросительных каналах. В последние 30 лет такого рода исследования из-за проблем с финансированием практически прекратились и, если проводятся, то, главным образом, в рамках отдельных международных проектов. К такого рода проектам относится проект «ИУВР-Фергана», где накоплен определенный опыт М&О оросительных систем, который показал следующее (рис. 2–4).

- Приток воды в той или иной степени, как правило, имеет место на всех пилотных каналах проекта « (Араван-Акбурунский канал (ААБК), Ходжа-Бакирганский канал (ХБК), Южно-Ферганский магистральный канал (ЮФМК)), так как в ряде участков каналы работают как коллектора. В наибольшей степени такой приток характерен для ЮФМК, так как многочисленные насосы качают воду из ЮФМК на адырные земли, расположенные, в основном, на левом берегу канала, а также из-за выклиниваний от Маргиланская [17].
- Анализ результатов расчета КПД по балансовым участкам ЮФМК и декадам вегетации 2003 г. показывает, что КПД ЮФМК достаточно высокое, причем временами (в основном в апреле) на отдельных балансовых участках и по каналу в целом КПД бывает больше 1. Это можно объяснить наличием неучтенных притоков воды в канал.
- Чрезвычайно высокие декадные КПД и, наоборот, чрезвычайно низкие (II декада апреля БУ 8) на некоторых балансовых участках скорее всего можно объяснить не притоками, а недостоверностью информации в эти декады.
- В силу чрезвычайной водопроницаемости почво-грунтов на адырных землях, поливная вода в виде поверхностного или подземного стока опять попадает в канал. Эту подпитку практически сложно учесть, в силу чего в расчетах она равна нулю и соответственно значение КПД получается завышенным, причем, имеют место случаи, когда декадный КПД больше 1.
- Судя по отчетным данным, сбросов воды из пилотных каналов нет, то есть эксплуатационный КПД равен 1. Опросы водников и водопотребителей, однако, показали, что сбросы на самом деле случаются и не только при форс-мажорных обстоятельствах, что свидетельствует о недостаточном уровне достоверности отчетной информации о сбросах.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что резервы повышения КПД каналов связаны как с повышением эксплуатационного, так и с повышением технического КПД каналов. В то же время следует отметить, что повышение технического КПД целесообразно лишь для ХБК, так как в начале вегетации там имеет место сильный дефицит воды. Что касается ЮФМК, то его КПД довольно высокий (бетонную облицовку не имеет лишь участок канала в 7 - 9 км), а потери из ААБК не являются безвозвратными: они попадают в сай или подпитывают грунтовые воды и используются повторно на орошение.

Мониторинг и оценку КПД целесообразно проводить в следующей последовательности:

- Расчет КПД в разрезе каналов, сети, систем, декад, сезонов, районов, областей, балансовых участков, контрольных постов, и т. д.
- Построение сопоставительных диаграмм.

- Выявление на диаграммах резко выделяющихся значений (явно заниженных или явно завышенных) исходных данных и показателей.
- Исследование и объяснение, результатом чего являются эти резкие отклонения.
- Устранение ошибок (если они обнаружены) в исходной информации.
- Анализ диаграмм и оценка тенденций (во времени и пространстве), наметившихся причин, вызвавших эти тенденции.

Опыт мониторинга КПД на пилотных магистральных системах (ЮФМК, ХБК, ААБК), например, показал, что резкие отклонения данных от средних величин могут быть результатом ошибок, допущенных в процессе мониторинга, или признаком других причин:

- КПД больше единицы – признак наличия неучтенного бокового притока и др.
- Резкое снижение КПД – признак воровства воды, или неучтенный сброс и др.

Заключение

1. При разработке и осуществлении стратегий и мероприятий, направленных на повышение продуктивности оросительной воды путем снижения потерь, необходимо проявлять большую осторожность и рассматривать во взаимосвязи вопросы водопоставки, водопользования/водопотребления и водоотведения.
2. УЭ&ТО в ЦА имеет низкий уровень/стандарт, который является с одной стороны 1) причиной большого количества потерь воды, а с другой стороны 2) следствием
 - Надежды (не всегда оправданной) службы эксплуатации водных структур на то, что КДС отведет с полей «лишнюю» воду.
 - Необязательностью выполнения строгих запретов на повторное использование возвратных вод неприемлемого качества.
3. Потерянная из каналов вода создаёт ряд проблем:
 - Засоления, поскольку она «выталкивает» рассолы из глубоких горизонтов к поверхности почвы;
 - Заболачивания местности (при просадочных грунтах – к деформациям канала и разрушению сооружений, в горных условиях – к опасным обрушениям и селям).
4. Потерянная из каналов вода, наряду с проблемами, может создать и выгоды:

- Часть потерянной воды повторно используется на орошение, в основном, в зонах имеющих высокую проточность грунтовых вод при малой их минерализации.
 - Нередко потерянная вода выполняет важную экологическую функцию по поддержанию флоры и фауны в прилегающей к оросительному каналу территории.
 - Нередко потерянная вода выполняет важную социальную функцию.
5. Только снижение безвозвратного водопотребления и воды, которая теряется в пустынных понижениях и соленых водоемах или становится непригодной для повторного использования, может высвободить воду для нового использования.
 6. Стратегия совершенствования управления водой должна быть направлена на поиск путей целесообразного снижения объемов возвратных вод. Она должна быть основана на результатах качественного М&О гидромелиоративных систем для создания базы данных об эффективности водопоставки, водопотребления и водотведения.
 7. Первоочередной задачей, в связи с этим, является задача возобновления водохозяйственными эксплуатационными организациями (совместно с НИИ и ВУЗами) производственных исследований по М&О состояния и функционирования гидромелиоративных систем.
 8. Совершенствование системы М&О включает
 - Разработку и утверждение методического документа для выполнения работ по мониторингу с должностными инструкциями и полномочиями всех участников М&О.
 - Определение индикаторов для отслеживания прогресса в реализации мероприятий, задач и целей.
 - Определение базовых и целевых значений индикаторов.
 - Определение источников данных, а также методы их получения.
 - Определение периодичности сбора данных.
 - Определение ответственных за сбор данных лиц и ресурсы для проведения мониторинга.
 - Привлечение дополнительного персонала, а также существенных усилий по повышению квалификации и технической компетенции органов управления водными ресурсами на национальном и бассейновом уровнях.

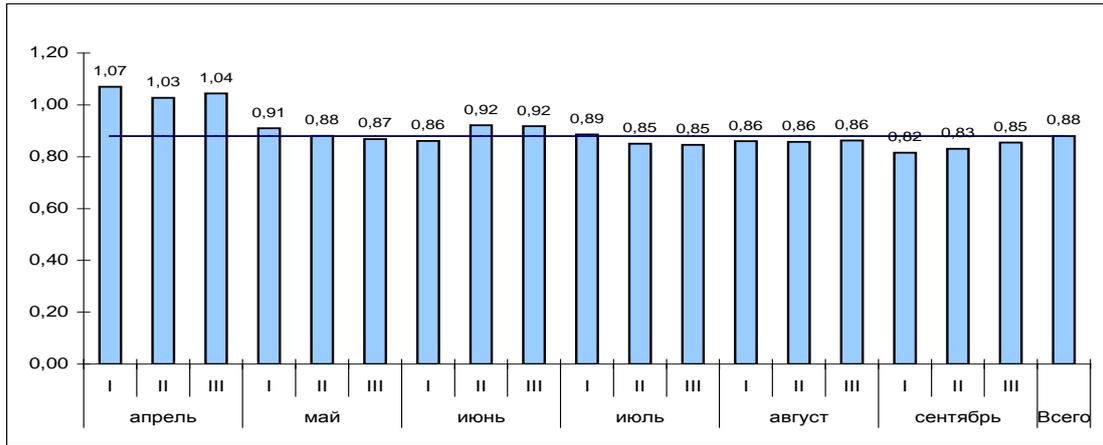


Рис. 2. КПД ЮФМК по декадам

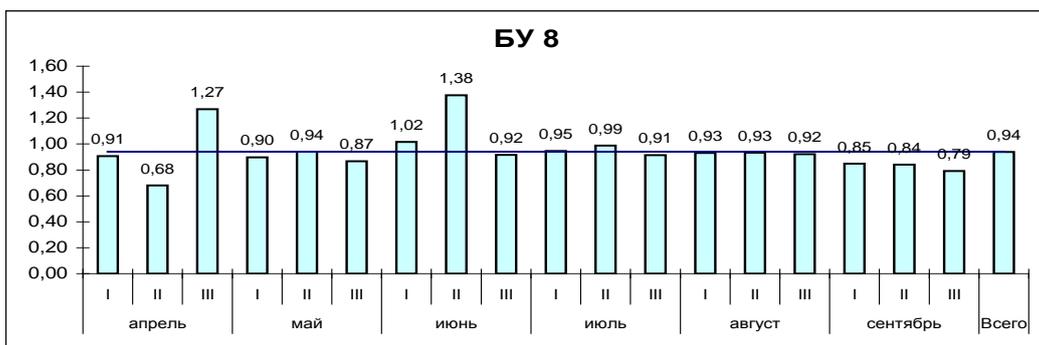
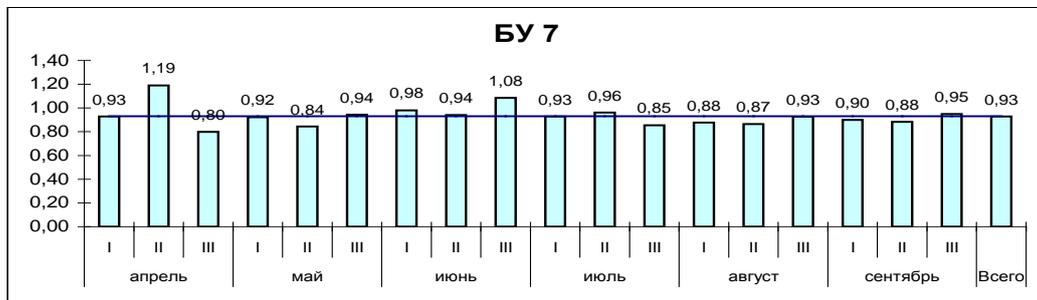
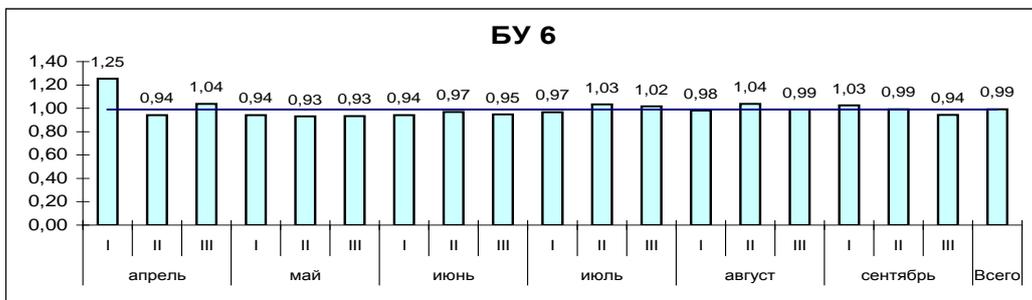


Рис. 3. КПД по балансовым участкам ЮФМК в разрезе декад

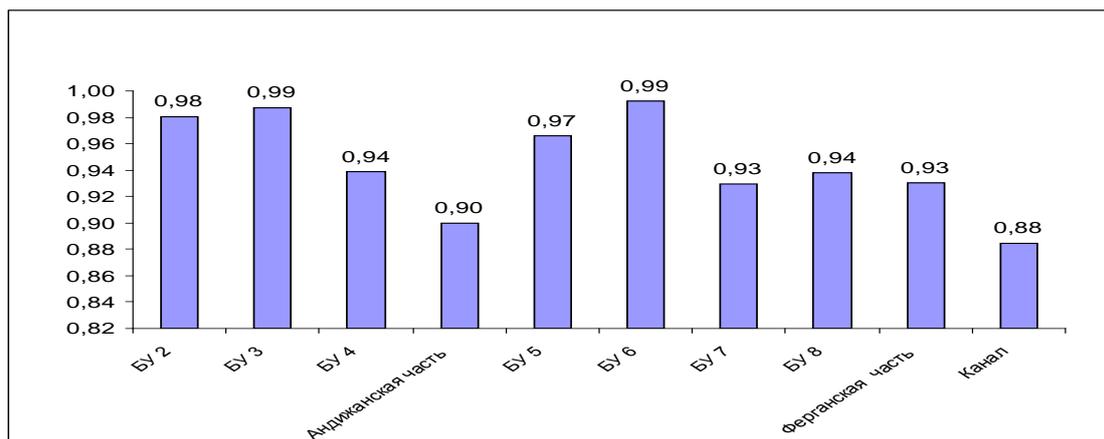


Рис. 4. КПД по балансовым участкам ЮФМК за вегетационный период

Литература

1. Women and Water in Central Asia and South Asia. Building a Sustainable Future. <https://app.box.com/s/3wvxf9y81k8lbcn907bx22oi1057chld>.
2. Вода: важный ресурс для будущего Узбекистана. ПРООН в Республике Узбекистан, Ташкент, 2007 г. [http://wash.earthforever.org/lib/uz/water_critical%20resource_Uzbekistan_en_ru_uz/Russian/Water_Ru\[1\].pdf](http://wash.earthforever.org/lib/uz/water_critical%20resource_Uzbekistan_en_ru_uz/Russian/Water_Ru[1].pdf).
3. Стратегическое исследование ирригационного и дренажного секторов, Всемирный банк (2000 г.), Национальный план управления водными ресурсами и засолением, WEMP ГЭФ (2002 г.).
4. Модернизация управления орошением - методика MASSCOTE. Картирование системы и услуг для различных методов эксплуатации канала. Публикации ФАО по ирригации и дренажу. № 63. <http://www.fao.org/docrep/018/a1114r/a1114r.pdf>.
5. Planning, the Management, Operation, and Maintenance of Irrigation and Drainage Systems. A Guide for the Preparation of Strategies and Manuals. International Commission Irrigation and Drainage (ICID). World Bank Technical Paper № 389. <http://en.bookfi.net/book/1314180>.
6. Шаров И.А. Эксплуатация гидромелиоративных систем. М., Колос, 1968.
7. Оффенгенден С.Р., Пападиади А.Д., Ярушин М.И. - Эксплуатация гидромелиоративных систем. 1962.
8. Багров М.Н., Кружилин И.П. - Оросительные системы и их эксплуатация. 1971.
9. Ольгаренко В.И., Волковский П.А., Станкевич В.С., Пакшин Б.М. Эксплуатация гидромелиоративных систем. 1980.
10. Натальчук М.Ф., Ахмедов Х.А., Ольгаренко В.И. Эксплуатация гидромелиоративных систем М., 1983.
11. Натальчук М.Ф., Ольгаренко В.И., Сурин В.А. Эксплуатация гидромелиоративных систем. М., 1995.

12. Сайфулин Р., Русс С., Фазылова М., Фахрутдинова Н., Петренко Ю. Управление водными ресурсами в Узбекистане и пути повышения его эффективности. <http://kk.docdat.com/docs/index-389923.html?page=5>).
13. Духовный В.А. Основные положения стратегии управления водными ресурсами в бассейне Аральского моря. Международный Фонд Спасения Аральского моря & Всемирный банк. 1997. Отчет. Ташкент.
14. Широкова Ю.И., Морозов А.Н. Пути совершенствования гидромелиоративных систем Узбекистана. http://water-salt.narod.ru/persp_tp.htm. Устойчивое управление водными ресурсами в сельской местности в Узбекистане: наращивание технического потенциала (Компонент 2). <https://www.uz.undp.org/content/uzbekistan/ru/home/projects/sustainable-management-of-water-resources-in-rural-areas-in-uzbe0.html>.
15. Мирзаев Н.Н. Проблемы организации водооборота на оросительных системах. Сб. научных трудов НИЦ МКВК «Водное хозяйство и интегрированное управление водными ресурсами в странах ВЕКЦА: проблемы, решения». / Под ред. проф. В.А. Духовного. – Ташкент: НИЦ МКВК, 2012, с. 122-130. <http://www.eccsa-water.net/file/mirzaev1.pdf>.
16. Устойчивое управление водными ресурсами в сельской местности в Узбекистане: наращивание технического потенциала (Компонент 2). <https://www.uz.undp.org/content/uzbekistan/ru/home/projects/sustainable-management-of-water-resources-in-rural-areas-in-uzbe0.html>.
17. Мирзаев Н.Н., Эргашев И. Управление водой на ирригационных системах. НИЦ МКВК, Проект «ИУВ-Фергана», Ташкент, 2009, 120с. www.cawater-info.net/library/iwrm3.htm.

Термины и определения

Хозяйство	совокупность всех факторов (материальных и духовных), которые есть в распоряжении человека или человеческого общества и использование которых позволяет получать средства для выживания ³⁷ .
Оросительный канал	гидротехническое сооружение, служащее для поставки воды потребителям.
Магистральный канал	канал, служащий для забора воды из источника орошения (река, сай, ...) и водоподачи в межхозяйственные каналы.
Межхозяйственный канал	канал, обслуживающий несколько хозяйств.
Внутрихозяйственный	канал, обслуживающий одно хозяйство.

³⁷ В советские времена под «хозяйством» имелись в виду «колхозы»/«совхозы». В настоящее время в Узбекистане и в других странах ЦА вместо «колхозов»/«совхозов» появились фермерские и дехканские хозяйства, но, когда речь идет об ирригационных каналах и их КПД, продолжается использование слов «межхозяйственный», «внутрихозяйственный». При этом имеется под словом «хозяйство» в виду совокупность водопотребителей (фермерских/крестьянских хозяйств и владельцев приусадебных участков), входящих в состав одного объединения/организации водопользователей/водопотребителей (ОВП). В Узбекистане на основе бывших Ассоциаций водопотребителей (АВП) созданы Районные АВП (РАВП), а АВП стали гидроучастками РАВП. Таким образом, здесь теперь под «межхозяйственной» сетью следует иметь в виду сеть между бывшими АВП.

канал	
Оросительная сеть	совокупность каналов различного порядка (магистральная сеть, межхозяйственная сеть, внутрихозяйственная сеть).
Оросительная система	совокупность каналов различного порядка и орошаемых полей.
Технические потери	потери воды на испарение с водной поверхности и фильтрацию через стенки и дно русла канала.
Эксплуатационные/организационные потери	потери воды в результате утечки из под щитов, несанкционированного водозабора, перелива через боковую стенку канала или борт лотка, сбросного стока, ...).

Аббревиатуры и сокращения

АВП	ассоциация водопользователей/водопотребителей
ВХО	водохозяйственная организация
ГМС	гидромелиоративная система
КПД	коэффициент полезного действия канала
М&О	мониторинг и оценка
ОВП	объединение/организация водопользователей/водопотребителей
УЭ&ТО	управление, эксплуатация и техническое обслуживание
ЦА	Центральная Азия

Опыт оценки и проблемы планирования интегрированного управления водными ресурсами

Мирзаев Н.Н.

Введение

Жан-Жак Руссо еще в 18 веке утверждал, что «Единственное средство удержать государство в состоянии независимости от кого-либо — это сельское хозяйство. Обладай вы хоть всеми богатствами мира, если вам нечем питаться — вы зависите от других... Торговля создает богатство, но сельское хозяйство обеспечивает свободу»³⁸.

Так как процветание сельского хозяйства в условиях Центральной Азии невозможно без орошения, то само собой вытекает, что первостепенное значение для независимости и процветания Узбекистана имеет и водное хозяйство. В советский период, судя по инвестициям и престижности профессии водника, приоритетная роль водного хозяйства руководством страны понималась. После приобретения независимости, в связи с тяжелым финансовым положением, приоритеты, к сожалению, изменились и, при реформировании экономики, не был учтен опыт других стран, например, Китая³⁹.

Руководство Китая, к примеру, четко определило, что основная сильная сторона страны – это их многочисленное трудолюбивое сельское население и реформы были начаты первоначально в сельском хозяйстве, процветание которого привело к росту спроса и процветанию других отраслей экономики.

Сильная сторона Узбекистана, также как и Китая, – это ее многочисленное трудолюбивое сельское население, однако в Узбекистане выбрали советский подход реформирования: «индустриализацию» за счет села,

³⁸ <https://millionstatusov.ru/statusy/cont/40383.html>.

³⁹ <https://m.kun.uz/news/2021/03/14/gurkirab-rivojlangan-xitoy-uning-tajribasi-biz-uchun-negamuhim>.

следствием чего стали бедность части населения, безработица, армия гос-тарбайтеров⁴⁰.

После 30 лет независимости, наконец, начали происходить изменения: лица, принимающие решения, повернулись лицом к сельскому и водному хозяйству: началась борьба с бедностью и безработицей, увеличились инвестиции в село и водное хозяйство, разработаны концепции и стратегии развития сельского и водного хозяйства, внедряются принципы интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР).

Но теперь возникает другая проблема – как правильно разработать эти стратегии и планы действий в области сельского и водного хозяйства, как их успешно реализовать с тем, чтобы получить максимально возможный эффект от инвестиций. В ЦА уже накоплен некоторый опыт планирования и внедрения ИУВР. Теперь важно оценить этот опыт и извлечь из него уроки для дальнейшего развития.

Оценка ИУВР

Программой ООН по окружающей среде (ЮНЕП) разработан диагностический исследовательский инструмент для оценки (каждые 3 года, начиная с 2017г.) состояние дел с подготовкой и реализацией национальных планов в области ИУВР (далее – состояния ИУВР) на всех уровнях управления водой по показателю 6.5.1 Целей устойчивого развития (ЦУР) [1] (блок 1). Результаты оценки (баллы) приведены в таблице.

Блок 1. Порядок оценки состояния ИУВР

В разделе «1. Благоприятные условия» проводится оценка «текущего состояния политических документов, законов и планов, закладывающих основу ИУВР». В частности, в подразделе 1.1.с. в баллах по 6 позициям оценивается состояние дел с подготовкой и реализацией национальных планов в области ИУВР:

1. Разработка не начата или не продвигается (0 баллов).
2. Подготовлен, но не одобрен правительством (20 баллов).
3. Одобрен правительством, начинает осуществляться уполномоченными органами (40 баллов).
4. Осуществляются большинством соответствующих уполномоченных органов (60 баллов).
5. Задачи планов последовательно выполняются (80 баллов).
6. Задачи последовательно выполняются и периодически пересматриваются и уточняются (100 баллов).

⁴⁰ <https://uzdaily.uz/ru/post/59973>

Результаты оценки состояния ИУВР в Узбекистане [2]

Раздел	Баллы		
	МВХ		НИЦ МКВК
	2017	2020	2020
Раздел 1: Благоприятные условия	38.3	41.0	37
Раздел 2: Учреждения и участие	52.7	53.0	43
Раздел 3: Инструменты управления	55.6	60.0	52
Раздел 4: Финансирование	34.0	37.0	47
Средний балл	45.2	47.8	45

Как видно из таблицы, результаты оценки (баллы), проведенные двумя водными структурами, различаются. Оценка НИЦ МКВК показала, что, во-первых, прогресс в планировании и внедрении ИУВР в Узбекистане за последние 3 года не наблюдается и, во-вторых, в целом, уровень ИУВР остается относительно низким.

В целом, исследовательский инструмент ЮНЕП является определенно полезным для отслеживания и сравнения (по годам и странам) прогресса в области планирования и внедрения ИУВР и достаточно верно отражает состояние дел с ИУВР, так как, известно, что по некоторым позициям наметилось улучшение, а по другим – ухудшение (отход от принципов ИУВР).

Судя публикации [3] в ближайшее 3 года значимых улучшений в состоянии планирования и внедрения ИУВР в Узбекистане не предвидится, так как никакие организационные шаги в духе ИУВР не планируются: в нем полностью отсутствуют меры по «Разработке и внедрению принципов интегрированного управления водными ресурсами», предусмотренные «Концепцией...» [4] и «Стратегией...» [5], а именно:

- Определение целей и задач реформирования и развития водного сектора в соответствии с принципами ИУВР.
- Разработка и реализация... Плана действий по принятию принципов интегрированного управления водными ресурсами.
- Создание общественных консультативных органов (советов) по управлению водными ресурсами на национальном, региональном и бассейновом уровнях с привлечением гражданского общества...

Документы системы государственного планирования

В ЦА имеется определенный опыт планирования в водном секторе на разных уровнях управления водой [6] (региональном, национальном, суб-национальном, бассейновом, суб-бассейновом,...). Распространенной формой концептуального/программного документа в водном секторе ЦА является «концепция», «программа», «концепция программы», «концепция стратегии», «дорожные карты», «меры».

Эти документы, как правило, включают «основные направления»: правовые, институциональные, технические, социальные, ... («международное сотрудничество, обновление правовой базы, институциональное реформирование, модернизация, ...») и представляют собой смесь элементов стратегического планирования (видение, стратегия, план мероприятий, ...). Они служат основой для разработки конкретных программ (региональных, национальных, суб-национальных, бассейновых, областных, отраслевых, целевых), схем комплексного использования водных ресурсов речных бассейнов и стратегий. Планирование и внедрение ИУВР осуществляется в ЦА, как правило, лишь в рамках международных проектов при поддержке зарубежных доноров.

Как видно из списка (блок 2), только в Республике Таджикистан, в отличие от других стран ЦА, уделяется достаточно серьезное внимание разработке концептуальных долгосрочных стратегических документов и реформы в водном хозяйстве проводятся на их основе. А состояние дел с планированием ИУВР лучше всего обстоят в Казахстане.

Блок 2. Концептуальные документы

Казахстан:

- «Концепция по переходу к «зеленой» экономике» (на 2013-2050 годы) (2010 г.).
- «Государственная программа управления водными ресурсами Казахстана на 2014-2020 годы» (2014).

Кыргызстан:

- Государственная программа развития ирригации на 2017–2026 годы. Постановление Правительства КР № 440 от 21 июля 2017 г.
- Проект концепции Водной стратегии Кыргызской Республики (вторая редакция от 08.01.2013 г.).

Таджикистан:

- «Стратегия реформирования систем государственного управления». Указ Президента Республики Таджикистан от 15 марта 2006 г., №1713.
- «Программа реформирования сельского хозяйства Республики Таджикистан на 2012-2020 годы». Постановление Правительства Республики Таджикистан от 1 августа

2012 г. №383.

- «О совершенствовании структуры исполнительных органов государственной власти Республики Таджикистан» Указ Президента Республики Таджикистан от 19 ноября 2013 г. №12.
- «Программа реформы водного сектора Республики Таджикистан на 2016-2025 годы». Постановление Правительства Республики Таджикистан от 30 декабря 2015 г. № 791.

Туркменистан:

- «Программа развития водного хозяйства на 2018-2030 годы» (планируется разработать).

Узбекистан:

- «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан». Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 г. № УП-4947.
- «Дорожная карта» по кардинальному реформированию системы водного хозяйства. Приложение № 7 к Постановлению Президента Республики Узбекистан от 17 апреля 2018 г. №ПП-3672. «О мерах по организации деятельности Министерства водного хозяйства Республики Узбекистан».
- «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления водными ресурсами». Постановление Президента Республики Узбекистан от 9 октября 2019 г. № ПП-4486.
- Стратегия развития сельского хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы. Указ Президента Республики Узбекистан от 23 октября 2019 г. № УП-5853.⁴¹
- «О мерах по расширению механизмов стимулирования внедрения водосберегающих технологий в сельском хозяйстве». Постановление Президента Республики Узбекистан от 25 октября 2019 г. № ПП-4499. <https://www.lex.uz/docs/4568386>.
- «Концепция развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы. (2020 г).
- Об утверждении Концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы. Указ Президента Республики Узбекистан от 10.07.2020 г. N УП-6024.
- Об утверждении стратегии управления водными ресурсами и развития сектора ирригации в Республике Узбекистан на 2021-2023 годы. Постановление Президента Республики Узбекистан от 24 февраля 2021 г. № ПП-5005.

Проблемы стратегического планирования

По состоянию на 2019 г. в Узбекистане не было действующего долгосрочного стратегического документа по развитию водного хозяйства. С 2020г наметился прогресс в вопросах стратегического планирования, однако к разработанным документам еще имеется много замечаний. Эти замечания были изложены в ходе публичного обсуждения проектов этих документов, но в утвержденных версиях они не были в должной мере учтены.

⁴¹ «Стратегия...» содержит разделы, касающиеся развития ирригации.

Ниже перечислены некоторые из этих замечаний.

- В стратегических документах часто
 - Некорректно формулируется общая цель, цели, приоритетные цели и задачи.
 - Не содержится необходимый состав целевых показателей / индикаторов выполнения плана, а если и содержится, то не всегда в корректной форме.
 - Встречаются случаи, когда значения целевых показателей / индикаторов приводятся без указания значений базовых показателей / индикаторов, а если значения базовых показателей / индикаторов приводятся, то не приводятся алгоритмы их расчета⁴², что не позволяет корректно осуществить М & О выполнения плана.
 - Не содержится информация о выполнении ранее принятых документов по тому же вопросу.
- В разных стратегических документах одни и те же показатели / индикаторы (базовые, целевые) имеют различные значения (блок 4).
- Стратегические документы касаются только сектора «ирригации и мелиорации» и не охватывает весь водный сектор. Вопреки общепринятой в мировой практике идеологии ИУВР, когда подземные, поверхностные, возвратные и др. воды рассматриваются, как единое целое, в ЦА управление в сфере водных отношений возложены на ряд республиканских министерств и ведомств, но без обеспечения эффективной координации взаимодействия между ними как в процессе планирования, так и в процессе управления.
- Продолжает иметь место традиционный акцент на капитальное строительство и инженерные работы. Согласно идеологии ИУВР стратегия развития водного сектора включает перенос акцента с капитального строительства на создание потенциала, планирование с участием заинтересованных сторон, совершенствование управления, эксплуатации и технического обслуживания (УЭ&ТО) гидромелиоративных систем (ГМС), а также другие долгосрочные институциональные вспомогательные расходы.
- Продолжает иметь место недооценка/игнорирование принципа общественного участия. Типовые организационные структуры водохозяйственных организаций (ВХО) не предусматривают создание «общественных консультативных органов (советов)». Наоборот, будут ликвидированы уже существовавшие до этого Водные советы на

⁴² В лучшем случае делается ссылка на международные методики расчета целевых показателей, прямое использование которых в ЦА без адаптации и доработки вряд ли возможно.

отраслевом и бассейновом уровнях. Опыт показывает, что само по себе создание транснациональных, национальных, бассейновых и локальных органов руководства водой не гарантирует ИУВР. Действительно, вышеупомянутые органы руководства (Водные советы) являются(лись) слабыми, не действенными и нуждаются в укреплении и развитии, но не в ликвидации. Они должны быть поддержаны соответствующей политикой, законодательной базой и материально-техническими средствами.

- Формально признается, но фактически игнорируется при планировании финансирования плана то обстоятельство, что самым большим ресурсом ЦА является человеческий капитал. Уровень образованности в сочетании с населением, имеющим сильные культурные корни и богатые традиции, является очень ценным ресурсом.
- Присутствует непонимание того, подходы, применяемые для развитых стран, не всегда приемлемы для развивающихся стран. Например, ориентация на автоматизацию поливов и водоучета в условиях высокого уровня безработицы и бедности не всегда может быть оправдана. В отличие от стран с высокой оплатой труда, где большая часть затрат на орошение покрывается пользователями и где многие системы каналов, изначально эксплуатируемые вручную, постепенно до определенной степени стали автоматизированными, в условиях ЦА планы модернизации управления эксплуатаций не обязательно должны быть ориентированными на очень высокий стандарт ирригационных услуг. Они должны отвечать требованиям пользователей в рассматриваемый период [7].
- Продолжается отход от бассейнового/гидрографического принципа. Известно, что в 2003г. в Узбекистане был начат переход к бассейновому принципу формирования водохозяйственных структур. Сейчас практически все Бассейновые управления ирригационных систем (БУИС) созданы не в бассейновых, а в областных границах, в районных границах созданы отделы ирригации и Ассоциации водопотребителей (АВП).
- Недостаточно корректно распределены функции между основными, связанными с водой, отраслями. Министерство водного хозяйства (МВХ) продолжает быть ответственным за внедрение водосберегающих технологий орошения и за мелиорацию земель. Поэтому функции МВХ не заканчиваются на границе объединений водопользователей/водопотребителей, а распространяются вплоть до уровня поля. Такой подход ведет к дублированию функций и не является логичным с точки зрения подконтрольности поставщиков ирригационных услуг потребителям ирригационных услуг и, как следствие, не способствует улучшению основной функции МВХ: осуществле-

ние качественной водопоставки в плане стабильности, справедливости и эффективности.

- Известно, что важнейшими водными функциями являются следующие: водопоставка, водопользование/водопотребление и водоотведение/мелиорация земель. Сейчас все эти функции возложены на МВХ. Метод разделения функций практикуется в Таджикистане и теперь будет практиковаться на Украине⁴³ (принято решение правительства): орошение и осушение — функции, которые являются важными для обеспечения продовольственной безопасности страны, перейдут в Министерство аграрной политики и продовольствия Украины. Таким образом, Госводагентство Украины избавится от несвойственных для него функций и станет полностью ориентированным на внедрение водной политики по интегрированному принципу с применением климатически устойчивых подходов к управлению водными ресурсами.

Блок 3. Базовые и целевые показатели / индикаторы		
№№	Стратегические документы	Выдержки и комментарии
Базовые показатели / индикаторы		
1	Концепция развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020 - 2030 годы. № УП-6024 10.07.2020 https://www.lex.uz/docs/4892946	«Площадь орошаемой земельной площади республики составляет 4,3 млн. гектаров». «На площади 77470 гектаров (То есть – 1,8%) внедрена технология капельного орошения, на площади 1123 гектаров — дождевального, на площади 2000 гектаров — дискретного. Вместе с тем доля площадей, в которых внедрены данные современные технологии орошения, остается низкой (6 процентов)». (То есть – 258 тыс. га)
2	Стратегия развития сельского хозяйства на 2020-2030 годы. УП-5853-сон 23.10.2019. https://lex.uz/ru/docs/4567337 .	«Из 20,2 млн. гектаров земель сельскохозяйственного назначения только 20,7 процента — орошаемые». (То есть: 4,18 млн. га). «...В настоящее время только на 1,7 процента орошаемых земель внедрено капельное орошение». (То есть: 71 тыс. га).
Целевые показатели / индикаторы		
3	Концепция развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020 - 2030 годы. https://www.lex.uz/docs/4892946	Планируется: «...Доведение внедрения водосберегающих технологий орошения в орошении сельскохозяйственных культур с 175 тысяч гектаров до 1 миллиона гектаров до 2025 года, к 2030 году — до 2 миллионов гектаров, в том числе технологии капельного орошения с 77,4 тысячи до 300 тысяч гектаров до 2025 года, к 2030 году — до 600 тысяч гектаров.

⁴³ <https://propozitsiya.com/problemami-orosheniya-zemel-v-ukraine-budet-zanimatsya-novoevedomstvo>.

		«...Введение к 2025 году в сельскохозяйственный оборот 298,5 тыс. гектаров орошаемых земель, выведенных из оборота».
4	Стратегия по переходу Республики Узбекистан на «зеленую» экономику на период 2019 — 2030 годов. Постановление Президента Республики Узбекистан, № ПП-4477. https://lex.uz/ru/docs/4539506 .	«Увеличение общей площади сельскохозяйственных земель с внедрением водосберегающих технологий с 1,7 ⁴⁴ до 32 %». (То есть в 18,8 раз (1336 тыс. га)). «...Внедрение технологий капельного орошения на площади до 1 млн. гектаров».
5	Стратегия развития сельского хозяйства на 2020-2030 годы. УП-5853-сон 23.10.2019. https://lex.uz/ru/docs/4567337 .	«...Уменьшение использования воды на гектар орошаемой площади на 20 процентов до 2030 года»; «Увеличение общей площади сельскохозяйственных земель с внедрением водосберегающих технологий с 1,7 до 32 %». (То есть в 18,8 раз (1336 тыс. га)). «...Освоение 1,1 млн. га сельскохозяйственных земель».
6	Стратегия управления водными ресурсами и развития сектора ирригации в Республике Узбекистан на 2021-2023 годы. Постановление Президента Республики Узбекистан от 24 февраля 2021 года. № ПП-5005. https://lex.uz/docs/5307921 .	Планируется чуть раньше достичь целевые показатели «Концепции...»: «доведение внедрения водосберегающих технологий орошения с 308 тыс. гектаров до 1,098 млн гектаров, в том числе технологий капельного орошения — с 121 тыс. гектаров до 822 тыс. гектаров до 2023 г.».

Предложения

Ниже изложены институционально-правовые меры, реализация которых необходимо для достижения стратегических целей страны:

- Разработка и принятие закона о документах системы государственного планирования (в том числе стратегического планирования), который определил бы четкие требования (стандарты) к содержанию и структуре, в частности, стратегических документов.
- Проведение гидрографического (для разработки и внедрения планов управления речными бассейнами) и водохозяйственного районирования (для разработки водохозяйственных балансов) территории страны.

⁴⁴ 1,7% - это доля площади орошаемых земель, охваченной «системой капельного орошения», а не охваченных «водосберегающими технологиями».

- Разработка и принятия закона, который бы законодательно закрепил границы речных бассейнов/гидрографических единиц и водохозяйственных участков.
- Передача функции управления подземными водными ресурсами МВХ.
- Создание органа руководства водой на национальном уровне в форме Национального водного совета (НВС) при Кабинете министров РУз., имеющего в своем составе представителей от поставщика воды (МВХ) и от всех ключевых стейкхолдеров-водопотребителей.
- Создание при НВС постоянно действующего уполномоченного государственного органа (Центр «ИУВР») в качестве рабочего органа НВС, ответственного за координацию межотраслевых отношений в процессе разработки, реализации и корректировки планов ИУВР.
- Восстановление/создание и укрепление Водных советов при БУИС, УМК и Водных комиссий при УИС.
- Разделение функции между МВХ и МСХ (рис.):
 - Функция управления предложением/водопоставкой (МВХ).
 - Функция управления спросом на воду (водопользованием/водопотреблением) (МСХ).
 - Функция водоотведения (МВХ).
 - Функция мелиорации земель (МСХ).

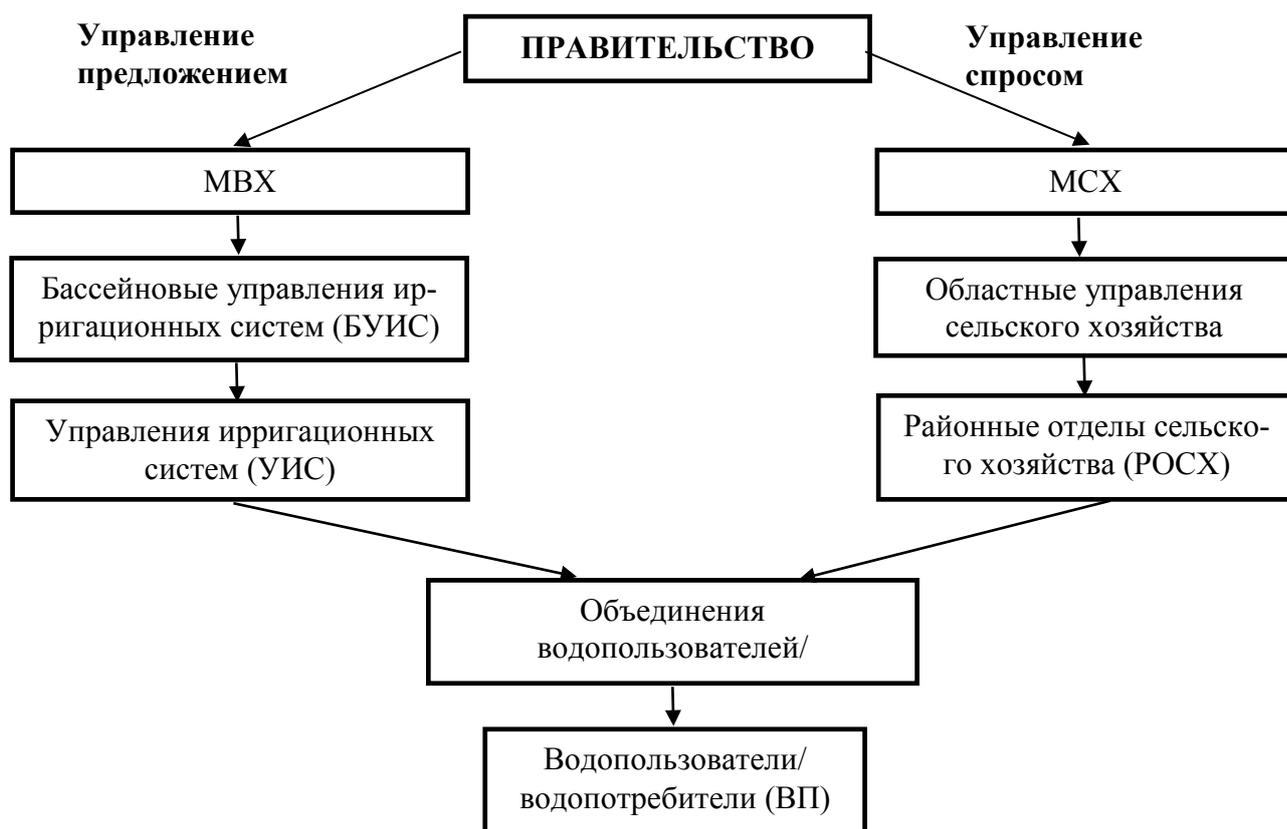


Рис. Схема разделения функций по управлению предложением и спросом на воду

Литература

1. Руководство по комплексному мониторингу для ЦУР 6. Пошаговая методология мониторинга для показателя 6.5.1. <https://pandia.ru/text/80/484/67811.php>.
2. Соколов В., Абдураимов М., 2020. Аналитический обзор: Степень достижения показателя ЦУР 6.5.1 – внедрение ИУВР в РУз. на 2020 г.
3. О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности министерства водного хозяйства республики Узбекистан. Постановление Президента Республики Узбекистан от 6 апреля 2021 года № ПП-5055. <https://lex.uz/docs/5360482>.
4. Концепция развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020 — 2030 годы. 2020 г. <https://www.lex.uz/docs/4892946>.
5. Стратегия по управлению водными ресурсами и развитию ирригационного сектора. 2021 г. https://www.norma.uz/novoe_v_zakonodatelstve/utverjdjena_strategiya_razvitiya_vodnogo_hozyaystva.
6. Духовный В.А. Стратегическое планирование в управлении водными ресурсами бассейна Аральского моря – чем оно может быть полезно? 2002 г. <http://www.cawater-info.net/library/rus/escap1.pdf>.
7. Модернизация управления орошением - методика MASSCOTE. Картирование системы и услуг для различных методов эксплуатации канала. Публикации ФАО

по ирригации и дренажу. № 63. <http://www.fao.org/docrep/018/a1114r/a1114r.pdf>;
<http://www.fao.org/3/a-a1114r.pdf>.

Аббревиатуры и сокращения

АВП	ассоциация водопользователей/водопотребителей
БУИС	бассейновое управление ирригационных систем
ВП	водопользователи/водопотребители
ВХО	водохозяйственная организация
ГМС	гидромелиоративная система
ИУВР	интегрированное управление водными ресурсами
М&О	мониторинг и оценка
МВХ	министерство водного хозяйства
МСХ	министерство сельского хозяйства
НВС	национальный водный совет
НИЦ	Научно-информационный центр Межгосударственной координационной
МКВК	водохозяйственной комиссии.
ОВП	объединение водопользователей/водопотребителей
ОУСХ	областное управление сельского хозяйства
РОСХ	районный отдел сельского хозяйства
УИС	управление ирригационных систем
УЭ&ТО	управление, эксплуатация и техническое обслуживание
ЦА	Центральная Азия
ЦУР	цели устойчивого развития
ЮНЕП	Программа ООН по окружающей среде

Сравнительный анализ методов расчета платы за ирригационные услуги объединений водопользователей

Мирзаев Н.Н.

Введение

На основе обобщения опыта функционирования системы платного водопользования в дальнем зарубежье и в странах Центральной Азии⁴⁵ предложен универсальный/комбинированный метод расчета платы за ирригационные услуги (ПИУ)⁴⁶ объединений водопользователей (ОВП)⁴⁷ и государственных водохозяйственных организаций (ВХО).

Ниже приведены результаты сравнительного анализа площадного, объемного и универсального методов расчета платы за ирригационные услуги ОВП, которые позволяют продемонстрировать их достоинства и недостатки. Ниже приведены формулы (1)-(9) для расчета платы за ирригационные услуги ОВП.

Площадной метод (ПМ)

При ПМ плата за ирригационные услуги ОВП прямо пропорциональна орошаемой площади водопользователя, то есть он отвечает принципу социальной справедливости⁴⁸.

⁴⁵ Мирзаев Н.Н. - Функционирование системы платного водопользования в дальнем зарубежье и в Центральной Азии. Научные записки НИЦ МКВК. Вып. 9 (2020). http://www.cawater-info.net/library/rus/sic-icwc_proceedings_09_2020.pdf.

⁴⁶ Мирзаев Н.Н. - Универсальный метод расчета платы за ирригационные услуги объединений водопользователей и водохозяйственных организаций. Научные записки НИЦ МКВК. Вып. 10 (2020). http://www.cawater-info.net/library/rus/sic-icwc_proceedings_10_2020.pdf.

⁴⁷ ОВП в ЦА созданы в различных формах: Ассоциация водопользователей/водопотребителей (АВП), Сельскохозяйственный производственный кооператив (СПК), Акционерное общество (АО), Объединение крестьянских (дайханских) хозяйств (ОКХ), ...

⁴⁸ Здесь, чтобы облегчить процесс сопоставительного анализа методов оплаты ИУ, предполагается, что вид выращиваемой сельхозкультуры у всех водопользователей одинаковый (хлопчатник) и, соответственно, у всех водопользователей одинаковый тариф на ИУ. На практике тари-

$$P_i = T_{\Omega} * \Omega_i. \quad (1)$$

Где:

P_i - размер платы за ирригационные услуги ОВП для i -ого водопользователя.

T_{Ω} - тариф на ирригационные услуги ОВП.

Ω - признак/индекс площадного тарифа на ирригационные услуги.

$$T_{\Omega} = B / \Omega. \quad (2)$$

B - бюджет ОВП на расчетный год.

Ω - орошаемая площадь ОВП.

Ω_i - орошаемая площадь i -ого водопользователя.

Объемный метод (ОМ)

При ОМ плата за ирригационные услуги ОВП прямо пропорциональна абсолютному объему водопоставки пользователю ИУ⁴⁹, то есть он отвечает рыночному принципу.

$$P_i = T_w * W_i^f / \eta. \quad (3)$$

Где

T_w - объемный тариф на ирригационные услуги ОВП.

$$T_w = B / W^p. \quad (4)$$

W_i^f - фактическая водоподача i -ому водопользователю.

W^p - плановая водоподача в ОВП.

η - коэффициент полезного действия оросительной сети ОВП, принимается одинаковым для всех водопользователей, что отвечает принципу социальной справедливости.

p - признак плановых данных.

фы на ИУ (официально или неофициально) дифференцируются в зависимости от вида/влаголюбия сельхозкультуры.

⁴⁹ Здесь принимается подход расчета ПИУ, при котором водопользователь оплачивает водопоставку на границе ОВП, а не на границе водопользователя. В принципе, возможен и другой подход расчета ПИУ, при котором водопользователь оплачивает водопоставку на границе водопользователя, а не ОВП. Выбор подхода ПИУ является компетенцией общего собрания ОВП, то есть самих водопользователей.

f - признак фактических данных.

Универсальный/комбинированный (УМ)

При УМ плата за ирригационные услуги ОВП прямо пропорциональна водообеспеченности водопользователя, то есть он отвечает, как рыночному принципу, так и принципу социальной справедливости.

$$P_i = T_{\Omega} * \Omega_i * \Psi_i \quad (5)$$

Где:

Ψ_i - коэффициент корректировки базового тарифа i -го водопользователя.

$$\Psi_i = \Upsilon_i / \Upsilon \quad (6)$$

Υ_i - коэффициент водообеспеченности i -ого водопользователя.

Υ - коэффициент водообеспеченности ОВП.

$$\Upsilon_i = W_i^f / W_i^p \quad (7)$$

$$\Upsilon = W^f / W^p \quad (8)$$

Где:

W_i^f, W_i^p - соответственно фактическая и плановая водоподачи i -ому водопользователю.

W^f, W^p - соответственно фактическая и плановая водоподачи в ОВП.

Общая плата за ирригационные услуги ОВП в целом определяется как сумма фактических ПИУ по всем водопользователям.

$$P = \sum_{i \in I} P_i \quad (9)$$

Где:

P – общая плата за ирригационные услуги ОВП.

I – множество, элементы которого номера членов/водопользователей ОВП.

Пример расчета платы за ирригационные услуги ОВП

Ниже приведены исходная информация (табл. 1.) и примеры расчета ПИУ ФХ объемным методом (ОМ) и универсальным методом (УМ), а также анализ результатов расчета на примере ОВП-1 (*далее* – ОВП).

Таблица 1

Исходная информация для расчета платы за ирригационные услуги ОВП

№	Показатель	Единица измерения	Фермерское хозяйство					ОВП
			1	2	3	4	5	
1	Бюджет ОВП	\$США						7500
2	Орошаемая площадь	га	150	150	150	150	150	750
3	Оросительная норма	тыс. м ³ /га	8,0	8,0	8,0	8,0	5,0	
4	Плановая водоподача в ФХ (на границе ФХ) с учетом потерь в оросительной сети ФХ.	тыс. м ³	1500	1500	1500	1500	938	
5	КПД оросительной сети ОВП							0,9
6	Плановая водоподача в ФХ (на границе ОВП)	тыс. м ³	1667	1667	1667	1667	1042	7708
7	Фактическая водоподача в ФХ (на границе ФХ) (по данным водоучета)	тыс. м ³	1500	1200				
8	Фактическая водоподача в ОВП (по данным водоучета)	тыс. м ³						7708

Расчет платы за ирригационные услуги ОВП проведен на примере пяти условных фермерских хозяйств (ФХ) первой ОВП (ОВП-1) (рис.).

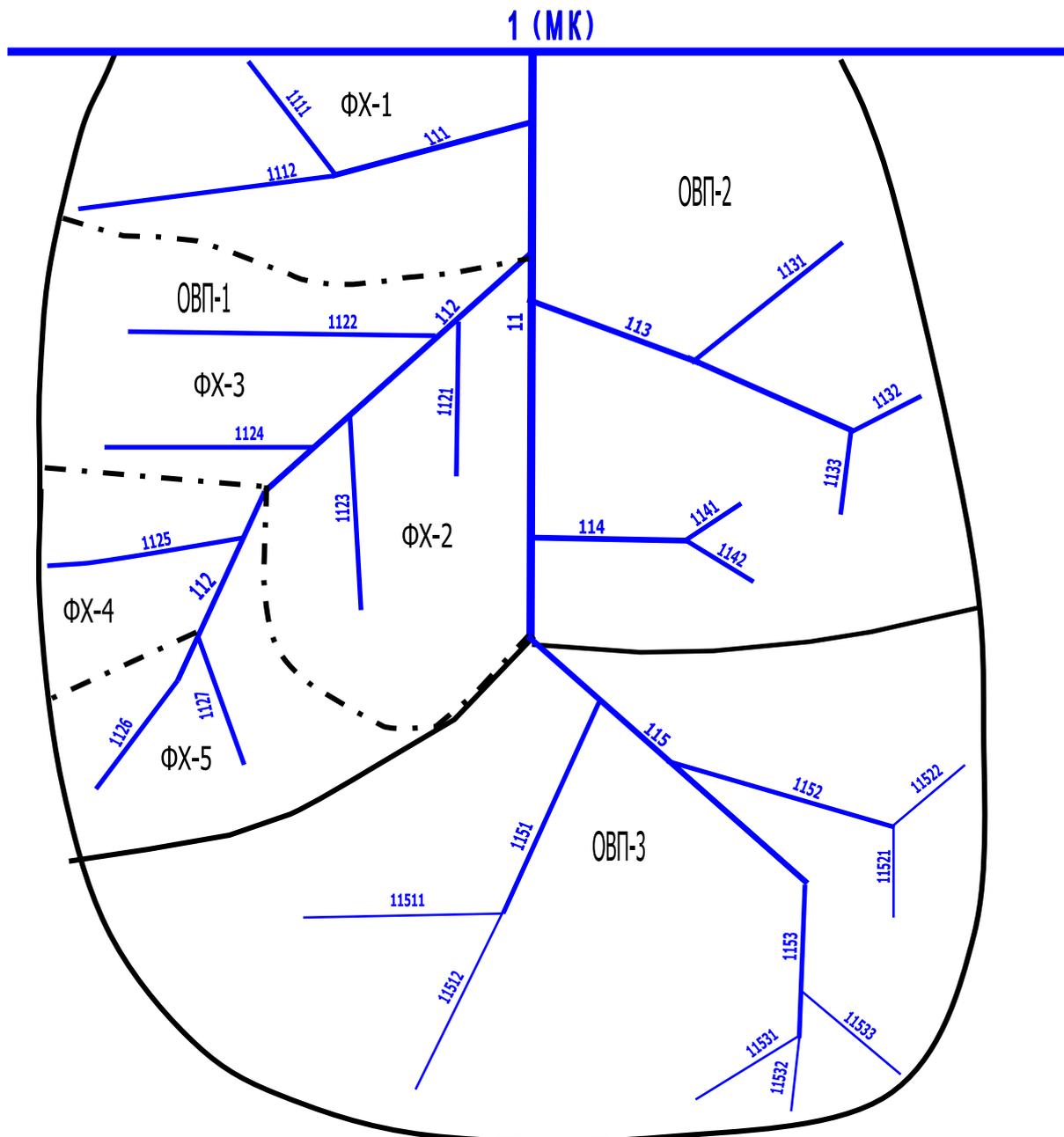


Рис. Фрагмент схемы оросительной системы

Условные обозначения:

ОВП-1, ОВП-2, ОВП-3 – организации водопотребителей

ФХ-1, ФХ-2, ФХ-3, ФХ-4, ФХ-5 – фермерские хозяйства

1 - магистральный канал (МК)

11 - каналы второго порядка (канал ВХО)

111, 112, ... 116 - каналы третьего порядка (каналы ОВП)

1111, 1112, ... 1127 - каналы четвертого порядка (каналы ФХ)

Как видно из этого рисунка земли ОВП-1 орошаются из канала второго порядка 11, который в свою очередь берет воду из магистрального канала 1 (эти каналы находятся в ведении государственных водохозяйственных организаций). Из канала 11 вода подается в головные каналы ОВП-1: 111, 112, из которых орошаются земли фермерских хозяйств ФХ-1 (1111, 1112), ФХ-2 (1121,1123), ФХ-3 (1122, 1124), ФХ-4 (1125) и ФХ-5 (1126, 1127).

Расчет фактической водоподачи в ФХ

Расчет коэффициента пропорциональности λ :

$$\lambda = \frac{W^f - \sum_{i \in I} W_i^f / \eta}{W^p - \sum_{i \in I} W_i^p / \eta} = \frac{7708 - (1500 / 0,9 + 1200 / 0,9)}{7708 - (1500 / 0,9 + 1500 / 0,9)} = 1,08.$$

Расчет фактических водоподач в ФХ-3, ФХ-4 и ФХ-5, не имеющих средств водоучета:

$$W_3^f = \lambda * W_3^p = 1,08 * 1500 = 1620 \text{ тыс. м}^3.$$

$$W_4^f = \lambda * W_4^p = 1,08 * 1500 = 1620 \text{ тыс. м}^3.$$

$$W_5^f = \lambda * W_5^p = 1,08 * 938 = 1013 \text{ тыс. м}^3.$$

Расчет платы за ирригационные услуги ОВП объемным методом

Расчет тарифа на ирригационные услуги ОВП:

$$T_W = B / W^p = 7500 / 7708 = \$ 0,97 \text{ тыс. м}^3.$$

Расчет платы за ирригационные услуги ОВП фермерскими хозяйствами:

$$P_1 = T * W_1^f / \eta = 0,97 * 1500 / 0,9 = \$1622.$$

$$P_2 = T * W_2^f / \eta = 0,97 * 1200 / 0,9 = \$1297.$$

$$P_3 = T * W_3^f / \eta = 0,97 * 1620 / 0,9 = \$1745.$$

$$P_4 = T * W_4^f / \eta = 0,97 * 1620 / 0,9 = \$1745.$$

$$P_5 = T * W_5^f / \eta = 0,97 * 1013 / 0,9 = \$1091.$$

Расчет платы за ирригационные услуги ОВП универсальным методом

Расчет тарифа на ирригационные услуги ОВП:

$$T_{\Omega} = B / \Omega = 7500 / 750 = \$ 10 / \text{га.}$$

Расчет водообеспеченности ФХ:

$$\Upsilon_1 = W_1^f / W_1^p = 1500 / 1500 = 1,00.$$

$$\Upsilon_2 = W_2^f / W_2^p = 1200 / 1500 = 0,80.$$

$$\Upsilon_3 = W_3^f / W_3^p = 1620 / 1500 = 1,08.$$

$$\Upsilon_4 = W_4^f / W_4^p = 1620 / 1500 = 1,08.$$

$$\Upsilon_5 = W_5^f / W_5^p = 1013 / 938 = 1,08.$$

Расчет водообеспеченности ОВП:

$$\Upsilon = W^f / W^p = 7708 / 7708 = 1,0.$$

Расчет общей платы за ирригационные услуги ОВП фермерскими хозяйствами:

$$P = \sum_{i \in I} P_i = 1622 + 1297 + 1745 + 1745 + 1091 = \$7500.$$

Расчет платы за ирригационные услуги ОВП фермерскими хозяйствами:

$$P_1 = T * \Omega_1 * \Upsilon_1 / \Upsilon = 10 * 150 * 1,00 / 1,00 = \$ 1500.$$

$$P_2 = T * \Omega_2 * \Upsilon_2 / \Upsilon = 10 * 150 * 0,80 / 1,00 = \$ 1200.$$

$$P_3 = T * \Omega_3 * \Upsilon_3 / \Upsilon = 10 * 150 * 1,08 / 1,00 = \$ 1614.$$

$$P_4 = T * \Omega_4 * \Upsilon_4 / \Upsilon = 10 * 150 * 1,08 / 1,00 = \$ 1614.$$

$$P_5 = T * \Omega_5 * \Upsilon_5 / \Upsilon = 10 * 150 * 1,08 / 1,00 = \$ 1614.$$

Расчет общей платы за ирригационные услуги ОВП фермерскими хозяйствами:

$$P = \sum_{i \in I} P_i = 1500 + 1200 + 1614 + 1614 + 1614 = \$ 7543.$$

В таблице 2 приведены исходная информация и результаты расчета ПИУ для 5 фермерских хозяйств по различным методам (ПМ, ОМ, УМ) и уровням водообеспеченности (вариантам расчета).

Анализ результатов расчета ПИУ по различным методам и уровням водообеспеченности позволяет сделать следующие выводы.

- При УМ, как и при ОМ (но в отличие от площадного метода) плата ФХ за ирригационные услуги ОВП зависит от величины водоподачи в ФХ⁵⁰. Это обстоятельство служит стимулом к 1) водосбережению для ФХ, где налажен водоучет и 2) организации водоучета для тех ФХ, которые на самом деле меньше получили воды, но, из-за отсутствия водоучета, вынуждены переплачивать.
- При УМ, как и при ПМ (но в отличие от объемного метода) общая плата за ирригационные услуги ОВП практически не зависит от общей величины водоподачи в ОВП, то есть не зависит от колебаний предложения и спроса на воду, вызванных природными (маловодье, жара, обильные осадки, ...) и/или хозяйственными факторами (внедрение водосберегающих технологий, ...).

Расчет суммарной платы за ирригационные услуги ОВП всеми фермерскими хозяйствами.

$$P = \sum_{i \in I} P_i = 1500 + 1200 + 1614 + 1614 + 1614 = \$7543.$$

Корректировка платы за ирригационные услуги. Так как P_j отличается от величины бюджета поставщика услуг (\$7543 больше \$7500), то величина P_i корректируется (снижается) пропорционально расхождению («невязке»). Например, для ФХ-1

$$P^{\circ}_i = P_{ij} + P_{ij} * (B_j - P_j) / B_j = 1500 + 1500 (7500 - 7543) / 7500 = \$1491,4.$$

⁵⁰ Однако, эта зависимость не прямая, как при ОМ

Таблица 2

**Исходная информация и результаты расчета ПИУ
по различным методам и вариантам расчета**

Вариант расчета	Показатель	Единица измерения	Фермерское хозяйство					ОВП
			1	2	3	4	5	
1	W^p	тыс. м ³	1667	1667	1667	1667	1042	7708
	W^f	тыс. м ³	1667	1333	1794	1794	1121	7708
	Υ		1,00	0,80	1,08	1,08	1,08	1,00
	$P_{пм}$	\$	1500	1500	1500	1500	1500	7500
	$P_{ом}$	\$	1622	1297	1745	1745	1091	7500
	$P_{ум}$	\$	1500	1200	1614	1614	1614	7543
2	W^p	тыс. м ³	1667	1667	1667	1667	1042	7708
	W^f	тыс. м ³	1556	1333	1185	1185	741	6000
	Υ		0,93	0,80	0,71	0,71	0,71	0,78
	$P_{пм}$	\$	1500	1500	1500	1500	1500	7500
	$P_{ом}$	\$	1892	1622	1441	1441	901	7297
	$P_{ум}$	\$	1799	1542	1370	1370	1370	7451
3	W^p	тыс. м ³	1667	1667	1667	1667	1042	7708
	W^f	тыс. м ³	1556	1333	804	804	503	5000
	Υ		0,93	0,80	0,48	0,48	0,48	0,65
	$P_{пм}$	\$	1500	1500	1500	1500	1500	7500
	$P_{ом}$	\$	1892	1622	978	978	611	6081
	$P_{ум}$	\$	2158	1850	1116	1116	1116	7356
4	W^p	тыс. м ³	1667	1667	1667	1667	1042	7708
	W^f	тыс. м ³	1081	1081	1081	1081	676	5000
	Υ		0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
	$P_{пм}$	\$	1500	1500	1500	1500	1500	7500
	$P_{ом}$	\$	1315	1315	1315	1315	822	6081
	$P_{ум}$	\$	1500	1500	1500	1500	1500	7500
5	W^p	тыс. м ³	1667	1667	1667	1667	1042	7708
	W^f	тыс. м ³	1192	970	1081	1081	676	5000
	Υ		0,72	0,58	0,65	0,65	0,65	0,65
	$P_{пм}$	\$	1500	1500	1500	1500	1500	7500
	$P_{ом}$	\$	1450	1180	1315	1315	822	6081
	$P_{ум}$	\$	1654	1346	1500	1500	1500	7500

На примере 5 вариантов проведем сравнение ПИУ в целом по ОВП между ПМ, ОМ и УМ. Сравнение показало, что, по мере снижения водообеспеченности ОВП (1,00–0,65),

- При ОМ ПИУ ОВП снижается (по сравнению с ПМ) на, соответственно, 0,00–18,9%. Снижение ПИУ ОВП происходит пропорционально снижению объема водоподачи в ОВП.
- При УМ ПИУ ОВП снижается (по сравнению с ПМ) незначительно (на 0,6–1,9 %), то есть практически не изменяется.
- При УМ ПИУ ОВП значительно выше, чем при ОМ (на 23% в пятом варианте).

На примере варианта 1 проведем сравнение ПИУ в разрезе ФХ между ОМ и ПМ, а также между ОМ и УМ. Сравнение показало, что

- При ОМ:
 - ФХ-1, которое забрало воду в соответствии с планом и водообеспеченность которого относительно плана составляет 1,0, должно будет заплатить за ирригационные услуги ОВП \$1622 (на 8,1 % больше, чем при площадном методе).
 - ФХ-2, которое забрало воду меньше плана ($Y = 0,80$) должно будет заплатить за ирригационные услуги ОВП-1 \$1297 (на 13,5 % меньше, чем при площадном методе).
 - На 16,3% больше, чем при площадном методе, заплатят и ФХ-3 и ФХ-4.
 - Меньше всех ФХ (на 27,3 % меньше, чем при площадном методе) придется платить ФХ-5, так как его земли расположены на гидроморфных почвах (близкое залегание грунтовых вод) и его оросительная норма ниже, чем в соседних ФХ, хотя ФХ-5, как и ФХ-3 и ФХ-4, перебрало воду сверх лимита на 8%. Таким образом, ОМ выгоден для ФХ, расположенных на гидроморфных почвах (близкое залегание грунтовых вод) и, соответственно, невыгоден для ФХ, расположенных на автоморфных почвах.
- При УМ:
 - ПИУ ФХ-1 не отличается от ПИУ при ПМ.
 - ПИУ ФХ-2 на 20% ниже, чем при ПМ.
 - ПИУ ФХ-3, ФХ-4 и ФХ-5 выше, чем при ПМ на 7,6%. Заметим, что при ОМ ПИУ ФХ-5 было на 27,3 % меньше, чем при ПМ, то есть, при всех прочих равных условиях, гораздо меньше, чем ФХ-3, ФХ-4.

Выводы и предложения по результатам анализа методов ПИУ ОВП следующие:

- При ОМ ПИУ зависит от объема водоподачи в ФХ.
- При УМ ПИУ зависит от степени изменения фактической водообеспеченности ФХ относительно фактической водообеспеченности АВП.
- И при ОМ и при УМ, в отличие от ПМ, ПИУ зависит от величины водоподачи в ФХ. Это обстоятельство служит стимулом к водосбережению для ФХ, имеющих средства водоучета. Для тех ФХ, которые на самом деле меньше получили воды, но из-за отсутствия средств водоучета вынуждены переплачивать, будет служить стимулом к строительству гидropостов и организации водоучета.
- Отрицательной стороной ОМ является то, что
 - У фермерских хозяйств, расположенных на гидроморфных почвах, ПИУ меньше, чем у фермерских хозяйств, расположенных на автоморфных почвах, что вряд ли отвечает принципу социальной справедливости.
 - ОВП финансово страдает от снижения (по тем или иным причинам) водоподачи в ОВП, что тоже не справедливо. Получается так, что ОВП не заинтересовано в водосбережении, а также недобирает ПИУ из-з дефицита воды, которое может иметь место не по вине ОВП.
- УМ, будучи, как и ОМ, методом, стимулирующим водосбережение, лишен вышеперечисленных недостатков ОМ. При УМ
 - ОВП не страдает от маловодья или снижения спроса на воду из-за погодных условий (чрезмерные осадки) и/или внедрения водосберегающих технологий.
 - Фермерские хозяйства, расположенные в разных гидрогеологических и почвенных условиях, оказываются (как при ПМ) в равных условиях с точки зрения ПИУ.
- В зависимости от конкретных природно-хозяйственных условий, а также в зависимости от уровня понимания и уровня общественного участия в ОВП, можно использовать любой из этих трех методов.
- Наиболее целесообразным, однако, для применения, с учетом социально-экономических и водных аспектов, является УМ.

Заключение

На начальном этапе внедрения платного водопользования наиболее целесообразным и потому наиболее распространенным является площадной метод расчета платы за ирригационные услуги поставщика ирригаци-

онных услуг как наиболее простой и отвечающий принципу социальной справедливости метод.

Со временем, в странах с высоким уровнем экономического развития и их водного хозяйства, целесообразен переход к объемному методу расчета платы за ирригационные услуги поставщика ирригационных услуг как к методу, в наибольшей степени отвечающему принципу экономической эффективности.

В настоящее время в странах ЦА наиболее целесообразным в социально-экономическом плане является применение УМ расчета ПИУ, сочетающим в себе учет социальных и рыночных факторов.

При УМ, также, как при объемном методе, ПИУ зависит от вододачи водопользователю. Правда, в отличие от объемного метода, ПИУ при УМ расчета зависит прямо пропорционально не от объема вододачи, а от отношения водообеспеченности водопользователя к водообеспеченности поставщика воды. То есть чем выше водообеспеченность водопользователя относительно водообеспеченности поставщика воды, тем больше ПИУ.

При УМ расчета, также, как при площадном методе:

- ПИУ зависит от размера площадного тарифа и орошаемой площади.
- Поставщик воды не страдает от маловодья или снижения спроса на воду из-за погодных условий (чрезмерные осадки) и/или внедрения водосберегающих технологий.
- Водопользователи, земли которых расположены в разных гидрогеологических и почвенных условиях (гидромодульных районах) оказываются в равных условиях с точки зрения величины ПИУ.

Для тех ФХ, которые на самом деле меньше получили воды, но из-за отсутствия средств водоучета вынуждены переплачивать, УМ будет служить стимулом к строительству гидропостов и организации водоучета.

К вопросу о неоднозначности понятия «Бассейн Аральского моря»

Рысбеков Ю.Х., Рысбеков А.Ю.

Прежде, чем приступить к рассмотрению основного предмета настоящей статьи – бассейна Аральского моря (БАМ), определимся с содержанием самого понятия «понятие» (близко к тавтологии, но хоть на русском и, во всяком случае, – не «проблемная проблема») и смежных понятий.

Понятие (определения)⁵¹:

1) Понятие (Психологический словарь) – ...Воспроизведение предмета познания посредством определенных средств.

2) Понятие (по Ефремовой) – 1. Логически оформленная мысль об общих существенных свойствах, связях и отношениях предметов или явлений объективной действительности. 2. Представление о чем-либо, осведомленность в чем-либо; знание, понимание чего-либо. ...

3) Понятие – Общее имя с относительно ясным содержанием и сравнительно четко очерченным объемом // *Философская энциклопедия*.

4) Понятие – Отображение фрагментов действительности, изучаемые науками и теориями; часто – отражение таких предметов и их свойств, которые в виде наглядного образа невозможно представить // *Философская энциклопедия*.

5) Понятие – Отображение существенных признаков предметов окружающего мира, выделенных в результате анализа // *Психологический словарь*.

6) Понятие (по Ожегову): 1. ...Сведения о чем-нибудь. ...3. Логически оформленная общая мысль о классе предметов, явлений....

⁵¹ 1. Понятие / Словари и энциклопедии на Академике. Философская энциклопедия // https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/952/Понятие; 2. Понятие // <http://tolkslovar.ru/p14103.html>; 3. Понятие как форма мышления (Лекция 3) // http://www.ineu.ru/ineu/cath_gised/old/leksiya_3_Ponyatie_kak_forma_myshleniya.pdf; 4. Понятие // Большая российская энциклопедия // <https://bigenc.ru/philosophy/text/3158351>; 5. Маркин В. И. (философия и логика), Холодная М. А. (лингвистика и психология). Понятие. // Большая российская энциклопедия // <https://bigenc.ru/philosophy/text/3158351>; 6. Ивлев Ю.В. Логика. Учебник // <http://www.hi-edu.ru/e-books/xbook718/01/part-008.htm>

7) Понятие – Синоним фразы «понимание сути дела», обретает законченную форму в процессе развития определений... // *Философская Энциклопедия*.

8) Понятие – Система признаков, на основе которой осуществлено обобщение и выделение предметов в понятии.

9) Понятие (Большая Советская Энциклопедия) – 1. Форма мышления, отражающая существенные свойства, связи и отношения предметов и явлений в их противоречии и развитии. 2. Мысль или система мыслей, обобщающая, выделяющая предметы некоторого класса по определённым общим и в совокупности специфическим для них признакам.

10) Понятие – Структурная единица мышления, обеспечивающая рождение и сохранение нового знания, его понимания, междисциплинарный объект исследования в рамках философии, логики, лингвистики, психологии.

В академических кругах имеется согласие, что понятия⁵²:

- Являются «важнейшими видами мыслей, в которых отражается действительность в процессе научного познания», и что:
- «по этой причине научное познание является понятийным познанием».

Относительно я понятия «Географическое понятие», каким является понятие «Бассейн Аральского моря», приведем пару его определений:

1) Географическое понятие — это мысль о географическом объекте, отражающая его со стороны существенных признаков, или же мысль о целой группе предметов или явлений, отражающая их со стороны общих и существенных признаков⁵³.

2) Понятие (географическое – авт.) – это отражение в сознании⁵⁴:

- Существенных свойств, связей и отношения предметов и явлений.
- Предметов, процессов и явлений в виде их общих черт или признаков.
- Сущности объектов (географических – авт.), их наиболее характерных свойств, признаков, особенностей, связей между объектами.

⁵² Ивлев Ю.В. Логика. Учебник // <http://www.hi-edu.ru/e-books/xbook718/01/part-008.htm>

⁵³ Географические понятия и их роль в географическом образовании // <http://antonioracter.narod.ru/nayka/geograf/metodika/geogrPonatia.htm>

⁵⁴ Омельянович И.Г. Географические понятия и их формирование // <http://www.academy.edu.by/files/podrazdelenia/geo/geograf%20ponitie.pdf>

В этом определении слово «Географическое» добавлено нами, это не меняет сути определения в оригинале, где дано определение понятия «Понятие».

Имеется мнение, что при всей важности представлений в географическом познавательном процессе, одни представления не составляют науки. И что потому более важной задачей в обучении географии являются формирование системы географических понятий, развитие географического мышления⁵⁵.

Очевидно, верно мнение, что образовательную ценность имеют истинные понятия, и что ложные понятия приводят к формированию неправильного представления о географических объектах и к потенциально нецелесообразным действиям.

Как предмет познания, БАМ – также географический объект. И как предмет познания, и как географический объект, понятие «Бассейн Аральского моря» должно отражать совокупность присущих только данному понятию существенных признаков и, во всяком случае, не иметь существенных противоречий в содержании понятия.

Содержание термина, определяющее понятие, должно отличаться «однозначностью, по крайней мере, в пределах данной науки или смежной группы наук»⁵⁶.

При этом отметим, что словосочетание «содержание термина, определяющее понятие» включает в себе противоречие, так как во многих случаях понятия «термин» и понятие используются как синонимы, о чем ниже.

Кроме прочего, когда идет речь об определении содержания понятия, говорят о его дефиниции, корень которой имеет другой смысл (Definition, от латинского слова «ограничение»), и который означает определение понятия, раскрытие смысла понятия путём перечисления его признаков⁵⁷.

В когнитивной науке, лингвистике, культурологии используется близкий к термину «понятие» термин «концепт», включающий, помимо инвариантного понятийного ядра, также ассоциативно-образные и ценностные представления о нём⁵⁸.

⁵⁵ Географические понятия и их роль в географическом образовании // <http://antonioracter.narod.ru/nayka/geograf/metodika/geogrPonatia.htm>

⁵⁶ Понятие как форма мышления (Лекция 3) // http://www.ineu.ru/ineu/cath_gised/old/leksiya__3_Ponyatie_kak_forma_myshleniya.pdf

⁵⁷ Дефиниция / Философский словарь // <http://www.harc.ru/slovar/607.html>

⁵⁸ Маркин В. И. (философия и логика), Холодная М. А. (лингвистика и психология). Понятие // Большая российская энциклопедия // <https://bigenc.ru/philosophy/text/3158351>

Прим.: Согласно Википедии, когнитивная наука — междисциплинарное научное направление, объединяющее теорию познания, когнитивную психологию, нейрофизиологию, когнитивную лингвистику, невербальную коммуникацию и теорию искусственного интеллекта.

Обратимся также определению понятия «географические объекты» в законодательных актах. Определения понятия «географические объекты» в Законах России, Таджикистана и Узбекистана приведены ниже. (Определения понятия, в Законах России и Таджикистана, в виде громоздкости определений, несколько сокращены, без ущерба для содержания понятия – авт.).

Федеральный Закон РФ «О наименованиях географических объектов» (1997 г.)⁵⁹:

Статья 1. Основные понятия

«Географические объекты - существующие или существовавшие относительно устойчивые, характеризующиеся определенным местоположением, целостные образования Земли: ...океаны, ...реки, ... и иные природные объекты; республики, края..., города и другие поселения..., морские порты... и подобные им объекты».

Закон Республики Таджикистан «О наименованиях географических объектов»⁶⁰:

Статья 1 (Основные понятия)

В настоящем Законе используются следующие основные понятия:

«Географические объекты – существующие устойчивые природные объекты – земли, горы, ...реки, озёра..., ледники...и другие объекты».

Закон Республики Узбекистан «О наименованиях географических объектов»⁶¹:

Статья 3 (Основные понятия)

В настоящем Законе применяются следующие основные понятия:

«Географические объекты — целостные и относительно устойчивые образования Земли естественного или искусственного происхождения, ко-

⁵⁹ Федеральный Закон «О наименованиях географических объектов» (принят Госдумой 17 окт. 1997 г., одобрен Советом Федерации 3 дек. 1997 г.). (В редакции Федерального закона от 23.07.2008 № 160-ФЗ) //

http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?doc_itself=&infostr=xO7q8+z17fIg7vLu4fDg5uDI8vH/IO3IIOIg7+7x6+Xk7eXpIPDI5ODq9ujo&nd=102050595&page=1&rdk=1#10

⁶⁰ Закон Республики Таджикистан «О наименованиях географических объектов» (в редакции Закона РТ от 19.03.2013г.№945) // http://www.adlia.tj/show_doc.fwx?rgn=7207

⁶¹ Закон Республики Узбекистан «О наименованиях географических объектов» (Принят Законодательной палатой 4 марта 2011 г., Одобрен Сенатом 26 августа 2011 г.).

торые существуют или существовали в прошлом и характеризуются определенным местоположением...».

Согласно Закону (Республики Узбекистан), к географическим объектам относятся:

- «административно-территориальные единицы (области, районы...» и др.);
- «населенные пункты и их составные части» (...улицы, площади, парки и др.);
- «объекты транспортной и инженерно-технической инфраструктуры (...вокзалы, аэропорты, порты..., мосты..., каналы...»);
- «природные объекты (реки, озера, ледники, равнины...» и др.) «и иные подобные им объекты»...

Следует заметить, что определение понятия «географические объекты» в Законе Республики Узбекистан «О наименованиях географических объектов» – более четкое и компактное, в сравнении с одноименными Законами Республики Таджикистана и Российской Федерации. При этом в Законах одним из (подчеркнем – существенных) признаков географического объекта названо его определенное местоположение. Как будет показано ниже, с определением точного местоположения Бассейна Аральского моря, как географического объекта, имеются некоторые проблемы.

Понятия «термин», «понятие», «концепт», часто используются, как синонимы.

В то же время, существует мнение, что эти понятия не равнозначны. Чтобы разобраться, в частности, в специфических тонкостях этих понятий, обратимся к ряду определений понятия «концепт».

Концепт (определения)⁶²:

1) Концепт (от латинского *Conceptus* – понятие) – содержание понятия // *Философский энциклопедический словарь. Новейший философский словарь.*

2) Концепт (от латинского *Conceptus* — собрание, восприятие...) — акт «схватывания» смыслов вещи... в единстве речевого высказывания // *Книга: Теологические трактаты. М., 1995*

3) Концепт – Единица речевого высказывания, логически смысловой компонент его семантической структуры; характеризует акт пони-

⁶² Концепт / Словари и энциклопедии на Академике. Философская энциклопедия // https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/4425/концепт

мания и его результат... // *Энциклопедия эпистемологии и философии науки*.

4) Концепт (от латинского *Conceptus* – мысль, понятие) – 1) Смысловое значение имени, то есть, – содержание понятия, объем которого есть предмет этого имени... // *Большой Энциклопедический словарь*.

5) Концепт – См. Понятие // *Энциклопедия социологии*.

Из приведенного выше последнего определения понятия «Концепт» однозначно следует, что понятия «Концепт» и «Понятие» являются синонимами.

Некоторые другие определения понятия «Концепт»⁶³:

6) Концепт – Мысленное образование, которое замещает в процессе мысли неопределенное множество предметов одного и того же рода.

7) Концепт – это всегда знание, структурированное во фрейм (в рамки – авт.), отражает не просто существенные признаки объекта, а все те, которые в данном языковом коллективе заполняются знанием о сущности».

8) Концепт – Базовая единица мыслительного кода человека, обладающая относительно упорядоченной внутренней структурой, результат познавательной (когнитивной) деятельности личности и общества и несущая комплексную, энциклопедическую информацию об отражаемом предмете, или явлении, об интерпретации данной информации общественным сознанием и отношении общественного сознания к данному явлению или предмету.

9) Концепт – структура представления знаний, «любая дискретная содержательная единица коллективного сознания...».

10) Концепт (от латинского слова *Conceptus* – восприятие...) – «схватывание» смыслов вещи (проблемы), в единстве речевого высказывания⁶⁴.

Для большей полноты картины в отношении условной триады «Понятие – Концепт - Термин» ниже приводятся некоторые определения термина «Термин»:

⁶³ Шулятиков И. С. Термин «Концепт» в современной лингвистике / 2015 // <https://cyberleninka.ru/article/n/termin-kontsept-v-sovremennoy-lingvistike-1>

⁶⁴ Концепт // <https://iphlib.ru/library/collection/newphilenc/document/HASH28261615260566fbd37028>

Термин (определения)⁶⁵:

1) Термин (от латинского слова *Terminus* - граница, предел) – Слово или сочетание слов, обозначающее специальное понятие, употребляемое в науке, технике, искусстве // *Современная энциклопедия*.

2) Термин (от латинского слова *Terminus*) – 1) Принятое условное выражение, название, свойственное какой-либо науке, ремеслу.... 5) В логике: название понятия... // *Словарь иностранных слов русского языка*.

3) Термин (в формальной логике, философия) – Слово, являющееся названием строго определенного понятия // *Толковый словарь Ушакова Д.Н.*

4) Термин – Слово, имеющее специальное, строго определенное значение, применяется в науке и технике // *Словарь литературных терминов*.

5) Термин – Слово или словосочетание в специальной сфере употребления, наименование понятия, ... является компонентом научной теории определенной области знания // *Официальная терминология*.

Приведенные выше термины/понятия «концепт», «понятие», в специальной литературе часто рассматриваются как синонимы или эквиваленты (нечто равноценное). Но взгляды ученых разнятся в определении, в частности, термина «концепт»⁶⁶.

По мнению ряда ученых, понятие «Концепт» не тождественно понятию «Понятие». Так, «Лингвистический энциклопедический словарь» рассматривает термин «концепт», как синоним термина «понятие».

По мнению эксперта, «Концепт» и «Понятие» – термины разных наук. Термин «Понятие» употребляется главным образом в логике и философии, а термин «Концепт», являясь термином в математической логике, в последнее время закрепился в науке о культуре и других областях науки⁶⁷.

Когнитивная психология выделила Концепт от Понятия, таким образом, по мнению эксперта, ныне эти термины четко разграничены. В настоящее время термин «Концепт» является одним из ключевых явлений в со-

⁶⁵ Термин / Словари и энциклопедии на Академике. Современная энциклопедия // <https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc1p/47242>

⁶⁶ Арапова Г.У. Концепт, понятие и значение слова. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. Раздел «Филологические науки» / 2016. – № 1 (часть 4) – С. 591-593 // <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=8612>

⁶⁷ Шулятиков И. С. Термин «Концепт» в современной лингвистике / 2015 // <https://cyberleninka.ru/article/n/termin-kontsept-v-sovremennoy-lingvistike-1>

временной когнитивной лингвистике, и широко используется во многих других гуманитарных науках⁶⁸.

По мнению эксперта, термин «Понятие» имеет более простую структуру, а в структуре термина «Концепт» больше компонентов. Концепт, в отличие от понятия, включает в себя не только существенные и необходимые признаки, но также и несущественные, концепт выражает не только совокупность признаков объекта, но и те представления, знания, ассоциации, которые с ним связаны.

Соответственно, подчеркивается, что дифференциация концепта от понятия четко определена. Понятие отражает лишь наиболее общие и значимые черты предметов и явлений. Понятие, лежащее в основе концепта, имеет свой собственный потенциал.

Также, согласно мнению эксперта «Содержание понятия - это система признаков, на основе которой осуществлено обобщение и выделение предметов в понятии», а «использование понятий - критерий научности (но не единственный)⁶⁹.

Возвращаясь к основному предмету настоящей статьи, отметим, что понятие «Бассейн Аральского моря» (БАМ), как географический регион и географический объект, имеет разное содержание, равно, как и понятие «Центральная Азия».

В современном понимании регион «Центральная Азия» включает 5 постсоветских республик (Казахстан, Кыргызстан, Таджикистан, Туркменистан и Узбекистан); ряд экспертов добавляет в этот список стран и Афганистан.

БАМ включает полностью территории Таджикистана и Узбекистана, а также часть территории Казахстана, Кыргызстана, (Китая (?))⁷⁰, Туркменистана, Афганистана, Ирана в бассейнах рек Амударьи и Сырдарьи и бассейнах рек, территориально тяготеющих к бассейнам названных двух рек.

Регионы БАМ и Центральная Азия различаются по основным характеристикам – территории, населению, климату, наличию водных ресурсов и другим параметрам.

⁶⁸ Арапова Г.У. Концепт, понятие и значение слова. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. Раздел «Филологические науки» / 2016. – № 1 (часть 4) – С. 591-593 // <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=8612>

⁶⁹ Ивлев Ю. В. Логическая форма понятия / Логика. Учебник // <http://www.hi-edu.ru/e-books/xbook718/01/part-008.htm>

⁷⁰ По имеющимся данным, и Китай имеет территории в верховьях бассейнов рек Сырдарья и Амударья, так, см.: 1. Хамрохон З.: Таджикистан выгодно для себя решил территориальные разногласия с Китаем // <http://www.news.tj/ru/node/188041>; 2. Кара-Дарья // <https://ru.wikipedia.org/wiki/Карадарья>; 3. Сырдарья от Тянь-Шаня до Аральска // <https://kazaral.org/syrdarya-ot-tyan-shanya-do-aralska/>

Территория Центральной Азии (как площадь 5 постсоветских стран региона) оценивается в 3994 тыс. кв. км, при этом источник включает в Центральную Азию и Монголию, с учетом ее территории территория региона – 5559 тыс. (кв. км)⁷¹.

Площадь Центральной Азии 4 003 451 км², как территории 5 постсоветских стран региона, что следует из контекста заметки – «регион состоит из бывших советских республик: Казахстан, Кыргызстан, Таджикистан, Туркменистан и Узбекистан»⁷².

По данным FAO AQUASTAT (2012 г.), общая площадь Центральной Азии, с учетом территории Афганистана (652 864 км²)⁷³, составляет 4,66 млн. кв. км⁽⁷⁴⁾.

Площадь БАМ оценивается, по разным источникам, в пределах 1,3-2,0 млн. км² (1 280 000, 1 550 000, 1 800 000 км² и до 2,0 млн. км²)⁷⁵.

Из стран Центральной Азии в БАМ входят территории:

- 1) Республики Узбекистан – полностью.
- 2) Республики Таджикистан – полностью.
- 3) 2-х областей (Кзыл-Ординской области и Туркестанской (бывш. Южно-Казахстанской)) области из 14-ти областей Республики Казахстан.
- 4) 4-х областей (Нарын, Джалал-Абад, Ош, Баткен) из 7-ми областей Кыргызской Республики.
- 5) 4-х областей (Лебап, Дашогуз, Мары, Ахал) из 5-ти областей Туркменистана (5-я область страны – Балканская).

Схематические карты Центральной Азии и бассейна Аральского моря (из разных источников) по состоянию на современный период приведены на рис. 1-4.

⁷¹ Площадь стран Центральной Азии // <http://www.mir-geo.ru/centr-aziya/geogr/plos>

⁷² Центральная Азия - Central Asia // https://wikichi.ru/wiki/Central_Asia

⁷³ Афганистан // <https://ru.wikipedia.org/wiki/Афганистан>

⁷⁴ Ирригация в Центральной Азии в цифрах / Отчеты ФАО по водным ресурсам. Исследование АКВАСТАТ – 2012 (Обзор АКВАСТАТ - 2012) / Под редакцией К. Френкен. // <http://www.fao.org/3/i3289r/i3289r.pdf>

⁷⁵ 1. Площадь стран Центральной Азии // <http://www.mir-geo.ru/centr-aziya/geogr/plos>; 2. Бассейн Аральского моря в цифрах // information25\Cawater\aral\figures.htm; 3. Опустынивание Арала // <http://aral-sea.com/>; 4. Аральское море // http://cyclowiki.org/wiki/Аральское_море; 5. Общая характеристика бассейна Аральского моря // <http://caspi.ru/EE/03-obj/Aral/Aral-02.html>



Рис. 1. Центральная Азия⁷⁶



Рис. 2. Бассейн Аральского моря⁷⁷

⁷⁶ Карта Центральной Азии // <http://planetolog.ru/map-continent-zoom.php?id=ASI&scheme=6> // <http://www.un.org/>

⁷⁷ Миклин Ф., Аладдин Н. Восстановление Аральского моря / «В мире науки» №7, 2008 // <http://elementy.ru/lib/430635?context=369888>

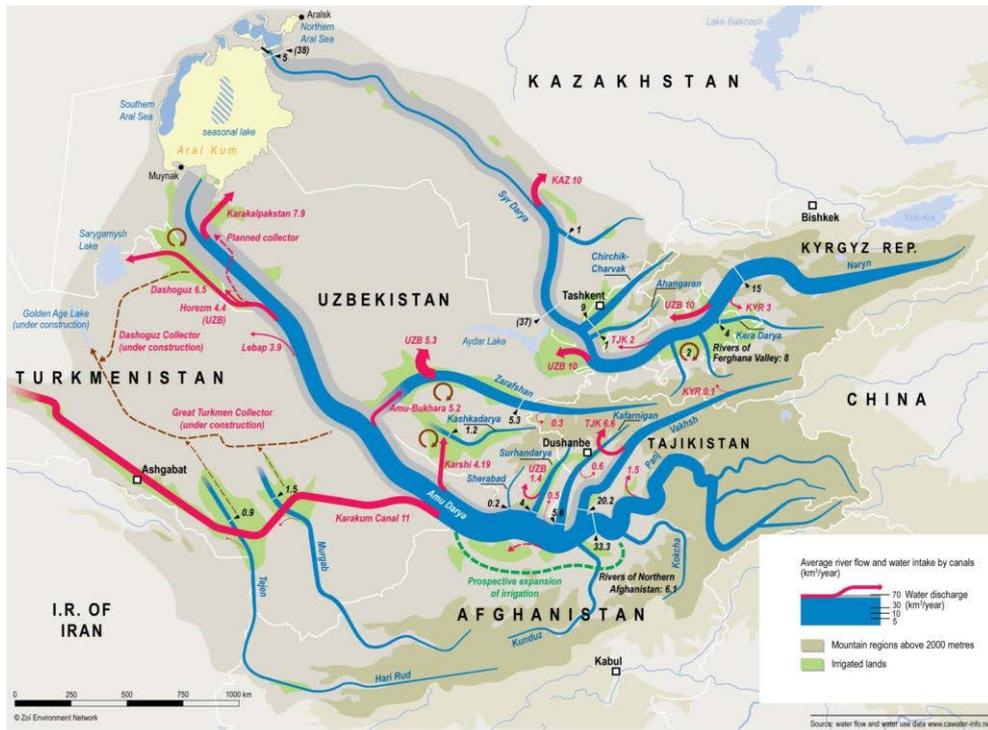


Рис. 3. Бассейн Аральского моря⁷⁸

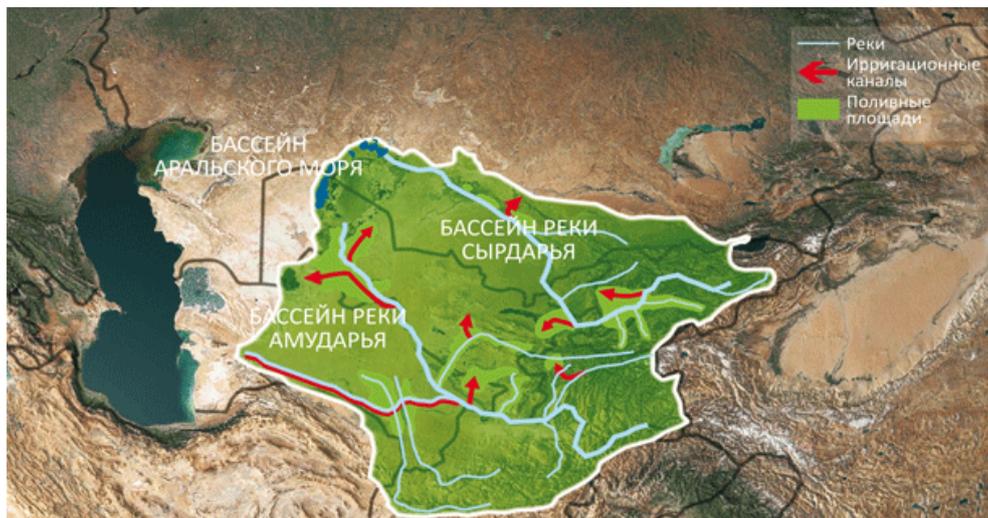


Рис. 4. Бассейн Аральского моря⁷⁹

⁷⁸ Бассейн Аральского моря / Исполнительный комитет Международного Фонда спасения Арала // <https://ecifas-tj.org/aralsea/>

⁷⁹ Бассейн Аральского моря // http://ru-ec-ifas.waterunites-ca.org/uploads/posts/2011-03/1300514308_bassejn-aralskogo-morya_sm.gif

Территории стран Центральной Азии в бассейне Аральского моря (БАМ), согласно нашим расчетам (и схеме выше), приведены в табл. 1.

Таблица 1

Территории стран Центральной Азии в бассейне Аральского моря (БАМ)

№	Государство	Площадь государства в БАМ, тыс. км ²
1	Казахстан	342,299
2	Кыргызстан	124,882
3	Таджикистан*	141,400
4	Туркменистан	351,470 / 351,120
5	Узбекистан*	448,900
6	Всего	1 408,601 / 1 408,951
7	Прим.: Таджикистан *, Узбекистан* - См. табл. 1.	

Ряд противоречивостей понятия «Центральная Азия» отражено в одной из наших публикаций⁸⁰. Аналогичные несоответствия имеются, как отмечалось, и в отношении понятия «Бассейн Аральского моря» (БАМ).

Некоторые определения понятия «Бассейн Аральского моря» (они показывают, что это понятие тоже, как и понятие «Центральная Азия», неустоявшееся, как по количеству стран бассейна, так и по его территории и бассейнам рек, входящих в БАМ):

1) В бассейне Аральского моря находятся пять независимых государств Центральной Азии: Казахстан, Кыргызстан, Таджикистан, Туркменистан и Узбекистан, и лишь малая часть верховий его рек приходится на Афганистан и Иран. Бассейн Аральского моря занимает территорию более 690 тыс. кв. км...⁸¹.

2) Площадь бассейна Аральского моря занимает около 700 000 кв. км и включает в себя Узбекистан, Туркменистан, Кыргызстан, Таджикистан, большую часть Южного Казахстана и северную часть Афганистана...

⁸⁰ Рысбеков Ю.Х., Рысбеков А.Ю. К вопросу о дефиниции понятия «Центральная Азия» и ее центральности / Научные записки НИЦ МКВК Центральной Азии, №13, 2021, 18 с. Ташкент, 2021 // http://www.cawater-info.net/library/rus/sic-icwc_proceedings_13_2021.pdf

⁸¹ Аральское море // <http://www.ifas.kz/ru/page/aralskoe-more>

включает бассейны двух главных рек Центральной Азии – Амударьи и Сырдарьи⁸².

3) Бассейн Аральского моря занимает площадь 1280 тыс. кв. км. В бассейне Арала расположена значительная часть суверенных республик Средней Азии (Туркменистан, Узбекистан, Таджикистан, Кыргызстан) и Казахстана, а также северные провинции Афганистана и Ирана⁸³.

4) Площадь бассейна – 1550 тыс. кв. км⁽⁸⁴⁾.

5) Бассейн Аральского моря – область, из которой в море стекают все его притоки, — занимает около 1,5 млн. квадратных километров на территории Узбекистана, Таджикистана, Туркмении, Киргизии и Казахстана⁸⁵.

6) Drainage basin of the Aral Sea encompasses a total area of 1,549,000 sq. km (km²) Seven countries share the Aral Sea Basin: Afghanistan, Kazakhstan, Kyrgyz Republic, Tajikistan, Turkmenistan, Uzbekistan and Iran⁸⁶.

/Дренажный бассейн Аральского моря имеет общую площадь 1 549 000 км².... Бассейн Аральского моря делят 7 стран: Афганистан, Казахстан, Кыргызская Республика, Таджикистан, Туркменистан, Узбекистан и Иран/⁸⁷.

7) The Aral Sea basin, total area 1.76 million km² Geographically it covers an extensive area of Central Asia, most of Tajikistan (99 percent), Turkmenistan (95 percent) and Uzbekistan (95 percent), Osh, Djalal-Abad and Naryn provinces of Kyrgyzstan (59 percent), Kyzylorda and South Kazakhstan provinces of Kazakhstan (13 percent), northern Afghanistan (38 percent) and a very small part of the Islamic Republic of Iran in the Tedzhen/Murghab basin...⁸⁸.

⁸² Бассейн Аральского моря / Исполнительный Комитет Международного Фонда спасения Арала // <https://ecifas-tj.org/aralsea/>

⁸³ Общая характеристика бассейна Аральского моря // <http://caspi.ru/EE/03-obj/Aral/Aral-02.html>

⁸⁴ Бассейн Аральского моря в цифрах // <http://www.cawater-info.net/aral/figures.htm>

⁸⁵ Аральское море стало терять меньше воды, выяснили ученые // 17.02.2014 // <https://ria.ru/20140217/995319452.html>

⁸⁶ Roll Gulnara, Alexeeva Natalia, Aladin Nikolai, Plotnikov Igor, Sokolov Vadim, Sarsembekov Tulegen, Micklin Philip P. Aral Sea / Lake Basin Management Initiative // http://www.worldlakes.org/uploads/aralsea_30sep04.pdf

⁸⁷ Там же

⁸⁸ 1. FAO 2012, FAO AQUASTAT. Trans-boundary River Basin Overview – Aral Sea // Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, Italy // <http://www.fao.org/3/ca2139en/CA2139EN.pdf>; 2. Бассейн Аральского моря. Водные ресурсы - подробная информация // http://ru-ec-ifas.waterunites-ca.org/aral_basin/107-vodnye-resursy-podrobnaia-informaciya.html

/Бассейн Аральского моря, 1.76 млн. км².... Географически охватывает обширную территорию Центральной Азии, большую часть Таджикистана (99%), Туркменистан (95%) и Узбекистан (95%), (административные) области Ош, Джалал-Абад и Нарын Кыргызстана (59%), Кызыл-Ординскую и Южно-Казахстанскую области Казахстана (13%), Северный Афганистан (38%) и очень небольшую часть Исламской Республики Иран в бассейне Теджен/Мургаб/.

В отсылаемой публикации (FAO AQUASTAT, 2012 г.) в БАМ включена часть территории Ирана в бассейнах рек Теджен и Мургаб, бассейн реки Зеравшан в Таджикистане и Узбекистане, а общая площадь БАМ оценивается в 1 737 270 кв. км.

8) ...Administratively, the region covers all of Uzbekistan and Tadjikistan, portions of Kazakhstan (the Kzyl Orda and Chemkent areas and the southern part of the Aktyubinsk area), Kirghizstan (the Osh and Naryn areas), and Turkmenistan (without the Krasnovodsk area), and also part of north Afghanistan and north-eastern Iran. The area of the whole basin amounts to about 2 million sq. km² (⁸⁹).

/Бассейн Аральского моря в административном отношении покрывает Узбекистан и Таджикистан, часть Казахстана, Кызыл-Ординскую и Чимкентскую области и южную часть Актыубинской области/, Кыргызстан (области Ош и Нарын), и Туркменистан (без Красноводска и одноименной области), а также север Афганистана и северо-восточную часть Ирана. Общая площадь бассейна - около 2 млн. км²/.

9) Площадь бассейна Аральского моря составляет около 1,8 млн. кв. км(⁹⁰).

10) В бассейн Аральского моря входят два крупных речных бассейна – Амударья и Сырдарья. Эти реки являются главными трансграничными водными артериями и протекают по территории 6 стран: Кыргызстан, Таджикистан, Узбекистан, Казахстан, Туркмения и Афганистан⁹¹.

11) Бассейн Аральского моря включает бассейны двух главных рек (Центральной Азии) – Амударья и Сырдарья. Они протекают по террито-

⁸⁹ Glazovsky, Nikita F. The Aral Sea basin // <http://www.nzdl.org/cgi-bin/library?e=d-00000-00---off-0ccgi--00-0---0-10-0---0---0direct-10---4-----0-11--11-en-50---20-about---00-0-1-00-0--4---0-0-11-10-0utfZz-8-00&cl=CL1.4&d=HASH87f04e891c1a79a0e99d43.6>=1>

⁹⁰ Аральское море // http://cyclowiki.org/wiki/Аральское_море

⁹¹ Ибатуллин С. Проблемы Бассейна Аральского моря и значение регионального сотрудничества // http://mail.icwc-aral.littel.uz/bk/water_land_resources_use/russian_ver/pdf/ibatullin1.pdf

рии Афганистана, Таджикистана, Кыргызстана, Туркменистана, Узбекистана и Казахстана⁹².

12) Бассейн Аральского моря и охватывает территорию Таджикистана, Узбекистана, большую часть Туркменистана, часть Кыргызстана, южную часть Казахстана и северную часть Афганистана⁹³.

13) Бассейн Аральского моря включает реки Сырдарью и Амударью, реку Теджен (река Герируд в Афганистане), реку Мургаб, Каракумский канал, соединяющий реки Амударью, Мургаб и Теджен, малые реки, стекающие с Копетдага и Западного Тянь-Шаня, и местности, где нет стоков между этими реками и вокруг Аральского моря⁹⁴.

В данном исследовании охвачен Центрально-Азиатский регион, представленный шестью странами: Афганистаном и пятью странами Центральной Азии, входившими в состав Союза Советских Социалистических Республик (СССР) до обретения ими независимости в 1991 г: Казахстаном, Кыргызстаном, Таджикистаном, Туркменистаном и Узбекистаном.

В предыдущем исследовании «Ирригация в странах бывшего Советского Союза в цифрах», Исследование АКВАСТАТ - 1997 (FAO, 1997b), 5 стран Центральной Азии были объединены в регион Центральной Азии.

14) В настоящем обзоре Афганистан включен в регион Центральной Азии из-за наличия важных совместных водных ресурсов Амударьинского (бассейна) и бассейнов рек Мургаб и Теджен. Общая площадь Центральной Азии составляет 4,66 млн. квадратных километров⁹⁵.

15) В бассейне Аральского моря находятся 5 независимых государств Центральной Азии: Казахстан, Кыргызстан, Таджикистан, Туркменистан и Узбекистан...⁹⁶.

Так⁹⁷:

⁹² 1. Водные ресурсы бассейна Аральского моря // http://ru-ec-ifas.waterunites-ca.org/arak_basin/66-the-arak-sea-basin.html; 2. Программа по оказанию помощи странам бассейна Аральского моря на период 2011-2015 годы (ПБАМ-3) / Международный Фонд спасения Арала, Межгосударственная комиссия по устойчивому развитию. Алматы – 2012 // <http://kazaral.org/wp-content/uploads/2017/05/ПБАМ-3-полная-версия.pdf>

⁹³ Бассейн Аральского моря. Водные ресурсы - подробная информация // http://ru-ec-ifas.waterunites-ca.org/arak_basin/107-vodnye-resursy-podrobnaya-informaciya.html

⁹⁴ Ирригация в Центральной Азии в цифрах / Отчеты ФАО по водным ресурсам. Исследование АКВАСТАТ – 2012 (Обзор АКВАСТАТ - 2012) / Под редакцией Карен Френкен. ISBN 978-92-5-107660-6 (печатное издание). E-ISBN 978-92-5-107661-3 (PDF) // <http://www.fao.org/3/i3289r/i3289r.pdf>

⁹⁵ Ирригация в Центральной Азии в цифрах / Отчеты ФАО по водным ресурсам. Исследование АКВАСТАТ – 2012 (Обзор АКВАСТАТ - 2012) / Под редакцией Карен Френкен. ISBN 978-92-5-107660-6 (печатное издание). E-ISBN 978-92-5-107661-3 (PDF) // <http://www.fao.org/3/i3289r/i3289r.pdf>

⁹⁶ Аральское море: общие сведения // <https://kazaral.org/arakskoe-more/obshhie-svedeniya/>

The two main rivers of Amu-Darya and Syr-Darya and their tributaries comprise the Aral Sea Basin area...

/ Две главные реки Амударья и Сырдарья и их притоки составляют площадь Бассейна Аральского моря.../.

Из приведенных выше данных следует, что БАМ, по разным оценкам:

1) Включает полностью или частично территории 5-ти (Казахстан, Кыргызстан, Таджикистан, Туркменистан, Узбекистан), 6-ти (+ Афганистан) или 7-ми стран (+ Иран) в бассейнах соответствующих рек.

2) Включает или не включает бассейны рек Зеравшан, Теджен, Мургаб (как часть бассейна реки Амударьи).

3) Имеет площадь от 690 тыс. – 700 тыс. км² (Исполком МФСА в Казахстане, Таджикистане) до 1 737 270 км² (FAO AQUASTAT) и «около 2 млн. км²».

В ряде случаев площадь бассейна Аральского моря ассоциируется с суммой площадей водосборных бассейнов рек Амударьи и Сырдарьи. Но так ли это?

Очевидно, в т. ч., - из некоторых приведенных выше определений понятия «Бассейн Аральского моря», что площадь БАМ не есть арифметическая сумма площадей водосборов рек Сырдарьи и Амударьи (независимо, включают в бассейн Амударьи бассейны других рек, например, бассейн реки Зеравшан).

В этом можно убедиться, исходя приводимых ниже положений о водосборах рек Амударья и Сырдарья (ниже, при суммировании площадей бассейнов рек Амударьи и Сырдарьи, они обозначены как «БА» и «БС»).

1) Так⁹⁸:

Амударья..., площадь бассейна 309 тыс. км².

Сырдарья..., площадь бассейна 219 тыс. км².

БА + БС = 528 тыс. км².

2) Так⁹⁹:

⁹⁷ The Aral Sea Basin: Water for Sustainable Development in Central Asia / Edited by Stefanos Xenarios, Dietrich Schmidt-Vogt, Manzoor Qadir, Barbara Janusz-Pawletta, Iskandar Abdullaev- / Copyright Year 2020 / Published April 1, 2021 by Routledge /252 Pages / ISBN 9780367777029 // <https://www.routledge.com/The-Aral-Sea-Basin-Water-for-Sustainable-Development-in-Central-Asia/Xenarios-Schmidt-Vogt-Qadir-Janusz-Pawletta-Abdullaev/p/book/9780367777029>

⁹⁸ 1. Амударья // <https://wiki2.net/Амударья>; 2. Водные ресурсы бассейна Аральского моря // <http://www.cawater-info.net/aral/water.htm>

⁹⁹ Водные ресурсы - подробная информация // http://ru-ec-ifas.waterunites-ca.org/aral_basin/107-vodnye-resursy-podrobnaia-informaciya.html

Бассейн Аральского моря расположен в центре Евразии и охватывает всю территорию Таджикистана, Узбекистана, большую часть Туркменистана, часть Кыргызстана, южную часть Казахстана и северную часть Афганистана.

Амударья является крупнейшей рекой Центральной Азии. Ее длина от истоков реки Пяндж составляет 2540 км, а площадь бассейна 309 тыс. км².

Сырдарья – вторая по водности и первая по длине река региона, от истоков Нарына ее длина составляет 3019 км, а площадь бассейна 219 тыс. кв. км.

$$BA + BC = 528\,000 \text{ км}^2.$$

3) Так¹⁰⁰:

...The Syr-Darya... Its length is 3019 km, with a catchment area of 219 thousands km².

The Amu-Darya.... Its length... is 2540 km, with a catchment area of 309 thousands km².

/Сырдарья... Длина – 3019 км, площадь бассейна 219 тысяч км².

Амударья... Длина – 2 540 км, площадь бассейна 309 тысяч км²/.

$$BA + BC = 528\,000 \text{ км}^2.$$

4) Так¹⁰¹:

... Aral Sea Basin consists of the drainage area of the two major rivers, Amu-Darya River and Syr-Darya River. They run through Afghanistan, Tajikistan, Kyrgyzstan, Turkmenistan, Uzbekistan and Kazakhstan. The Amu-Darya... is 2,540 km long, with a basin area of more than 300,000 km². The Syr-Darya... is the longest river in Central Asia It is 2,790 km long, with a basin area of almost 300,000 km².

/...Бассейн Аральского моря состоит из водосборных площадей 2 основных рек, реки Амударья и реки Сырдарья. Они текут через Афганистан, Таджикистан, Кыргызстан, Туркменистан, Узбекистан и Казахстан. Амударья имеет длину 2540 км, и площадь бассейна более 300 000 км². Сырдарья является самой длинной рекой в Центральной Азии, - 2790 км, площадь бассейна почти 300 000 км².

$$BA + BC = \text{почти } 600 \text{ тыс. км}^2.$$

5) Так¹⁰²:

¹⁰⁰ Aral Sea // http://www.cawater-info.net/aryl/water_e.htm

¹⁰¹ Aral Sea Basin / 28.10.2011 // http://ec-ifas.waterunites-ca.org/aryl_basin/66-the-aryl-sea-basin.html

Located in the heart of Central Asia, the Aral Sea Basin consists of the drainage area of the two major rivers, Amu-Darya and Syr-Darya. The rivers ... run through Afghanistan, Tajikistan, Kyrgyzstan, Turkmenistan, Uzbekistan and Kazakhstan.

The Amu-Darya is 2,540 km long, with a basin area of more than 300,000 km².

The Syr-Darya is 2,790 km long, with a basin area of almost 300,000 km².

/Расположенный в сердце Центральной Азии Бассейн Аральского моря состоит из дренажных бассейнов двух главных рек, Амударьи и Сырдарьи. Эти реки текут через Афганистан, Таджикистан, Кыргызстан, Туркменистан, Узбекистан и Казахстан.

Длина Амударья 2540 км, площадь бассейна более 300 тыс. км². Эти реки текут через Афганистан, Таджикистан, Кыргызстан, Туркменистан, Узбекистан и Казахстан

Сырдарья имеет длину 2790 км, площадь бассейна почти 300 тыс. км²/.

БА + БС = около 600 тыс. кв. км.

6) Так¹⁰³:

- Площадь бассейна (Амударья) – 465 тыс. км², из которых 255 100 км² приходится на горную часть, включая бассейны рек Зеравшан и Кашкадарья, которые по гидрографическим признакам относятся к бассейну реки Амударья, но до нее свои воды не доносят.
- Площадь бассейна (Сырдарья) – около 462 000 км², из них 150 000 км² (по другим данным – 223 000 км²), занимает горная часть.

БА + БС = 927 тыс. км².

7) Так¹⁰⁴:

Размер бассейна реки Амударья – 534 739 км² (206 464 квадратных миль)¹⁰⁵.

Водосборный бассейн Амударьи включает большую часть Таджикистана, юго-западный угол Кыргызстана, северо-восточный угол Афганистана, узкую часть восточного Туркменистана и западную половину Узбе-

¹⁰² Aral Sea Basin // http://ec-ifas.waterunites-ca.org/aral_basin/66-the-aral-sea-basin.html

¹⁰³ Реки. Амударьинский бассейн. Амударья // http://www.cawater-info.net/bk/water_land_resources_use/docs/rivers.html; 2. Реки. Сырдарьинский бассейн. Сырдарья // http://www.cawater-info.net/bk/water_land_resources_use/docs/rivers.html

¹⁰⁴ Амударья – Amu-Darya // https://ru.xcv.wiki/wiki/Amu_Darya

¹⁰⁵ Там же

кистана. Часть водораздела бассейна Амударьи в Таджикистане образует границу этой страны с Китаем (на востоке) и Пакистаном (на юге). Около 61% дренажа находится в Таджикистане, Узбекистане и Туркменистане, а 39% – в Афганистане.

Размер бассейна реки Сырдарьи – 402 760 км² (155 510 квадратных миль)¹⁰⁶.

$$BA + BC = 937\,499 \text{ км}^2.$$

8) Так¹⁰⁷:

Afghanistan, Kyrgyzstan, Tajikistan, Turkmenistan and Uzbekistan share the basin of the Amu-Darya River. While some literature sources quote a basin area of up to 534,700 km² the water divide can only be correctly established in the mountainous part of the basin...

Kazakhstan, Kyrgyzstan, Tajikistan and Uzbekistan share the basin of the Syr-Darya River. Some literature sources quote a basin area of up to 782,600 km² (of which 218,400 km² is in Kazakhstan). As with the Amu Darya, the water divide can only be correctly established in the mountainous part of the basin. Thus, many hydrologists do not give a figure for the total basin area but state that 142,200 km² of the basin area is upstream of the point where the river leaves the Fergana Valley.

/Афганистан, Кыргызстан, Таджикистан, Туркменистан и Узбекистан делят бассейн реки Сырдарья. Некоторые литературные источники определяют площадь бассейна в 782 600 км² (из которых 218 400 км² в Казахстане).

Как и в случае с Амударьей, водоразделы могут быть корректно установлены для горных частей бассейна. Так, многие гидрологи не имеют данных по общей площади бассейна, но считают, что, что при выходе из Ферганской долины площадь бассейна составляет 142 200 км² /.

$$BA + BC = 1 \text{ млн. } 100 \text{ тыс. кв. км.}$$

9) Так¹⁰⁸:

Amu Darya (AF, KG, TJ, UZ, TM):

- ...Amu Darya River Basin area of up to 534,700 km².

¹⁰⁶ Сырдарья - Syr Darya // https://ru.xcv.wiki/wiki/Syr_Darya

¹⁰⁷ Drainage basin of the Aral Sea and other trans-boundary surface waters in Central Asia / Chapter 3: Aral Sea and other waters in Central Asia // <https://unece.org/fileadmin/DAM/env/water/blanks/assessment/aral.pdf>

¹⁰⁸ Drainage basin of the Aral Sea and other trans-boundary surface waters in Central Asia / Chapter 3: Aral Sea and other Waters in Central Asia // <https://unece.org/fileadmin/DAM/env/water/blanks/assessment/aral.pdf>

/Площадь бассейна реки Амударьи, 534 700 км²/.

Syr Darya (KZ, KG, TJ, UZ)

- Syr Darya river basin. Some literature sources quote a basin area of up to 782,600 km² (of which 218,400 km² is in Kazakhstan)¹⁰⁹.

/Бассейн реки Сырдарья. Некоторые литературные источники оценивают площадь бассейна до 782 600 км² (из которых 218 400 км² в Казахстане)/.

Many hydrologists... state, that 142,200 km² of the basin area is upstream of the point where the river leaves the Fergana Valley¹¹⁰.

/Многие гидрологи считают, что площадь бассейна в 142,2 тыс. км² находится в верховьях реки от точки, где река покидает Ферганскую долину/.

$$BA + BC = 1\,317,3 \text{ тыс. км}^2.$$

10) Так¹¹¹:

Бассейн Аральского моря, границы которого почти совпадают с Центральной Азией, расположен в центре Евразии. Бассейн охватывает всю территорию Таджикистана, Узбекистана, большую часть Туркменистана, четыре области Кыргызской Республики (Ош, Джалалабад, Нарын, Баткент), южную часть Казахстана (две области – Кызыл-Орда и Южный Казахстан) и северную часть Афганистана и Ирана.

Рассматриваются только области первых пяти стран, расположенные в бассейне Аральского моря. Эта территория простирается... в 1.549 млн. кв. км.

Так¹¹²:

¹⁰⁹ Там же

¹¹⁰ Там же

¹¹¹ Земельные ресурсы ЦАР // <http://tabiat.narod.ru/DB/IBCAR/13.doc>

¹¹² FAO 2012, FAO AQUASTAT Trans-boundary River Basin Overview – Aral Sea // <http://www.fao.org/3/ca2139en/CA2139EN.pdf>

Площадь Бассейна Аральского моря (БАМ)¹¹³

№	Basin/Бассейн	Тысяч км ²
1	Amu Darya / Река Амударья	1023, 610
2	Syr Darya / Река Сырдарья	531, 650
3	Tedzhen-Murghab / Реки Теджен, Мургаб	182, 010
4	Aral Sea basin / БАМ	1737, 270
5	БА + БС = 1 555 260 км ² .	

11) Так¹¹⁴:

- Площадь верховий... бассейна реки Амударья... в районе гидрометрической станции Керки - 309 000 кв. км. Это включает большую часть Таджикистана, юго-восточную часть Кыргызстана и северо-восточную часть Афганистана. В сумме с частями среднего и нижнего течения потенциальной территории водосбора в Туркменистане и Узбекистане, общая площадь водосбора варьирует от 465 000 кв. км до 612 000 кв. км, в зависимости от источника данных.
- Бассейн реки Сырдарья.... По данным некоторых литературных источников, площадь бассейна достигает 782 600 кв. км; по другим данным – 142 000 кв. км, от места выше точки, где река покидает Ферганскую долину.

Таким образом, в данном случае:

- БА + БС, минимум = $(309\ 000\ \text{км}^2 + 142\ 000\ \text{км}^2) = 451\ \text{тыс. км}^2$.
- БА + БС, максимум = $(612\ 000\ \text{км}^2 + 782\ 600\ \text{км}^2) = 1\ 394,6\ \text{км}^2$.

12) Так¹¹⁵:

Площадь бассейна реки Сырдарья – около 345 тыс. км².

Площадь бассейна реки Амударья – примерно 1 327 тыс. км².

¹¹³ Там же

¹¹⁴ (Глава 3) Водосборный бассейн Аральского моря и другие трансграничные воды в Центральной Азии // https://unece.org/fileadmin/DAM/env/water/publications/assessment/Russian/G_PartIV_Chapter3_Ru.pdf

¹¹⁵ Вода - жизненно важный ресурс для Узбекистана // [http://wash.earthforever.org/lib/uz/water_critical%20resource_Uzbekistan_en_ru_uz/Russian/Water_Ru_part_02\[1\].pdf](http://wash.earthforever.org/lib/uz/water_critical%20resource_Uzbekistan_en_ru_uz/Russian/Water_Ru_part_02[1].pdf)

$$BA + BC = 1\,672 \text{ тыс. км}^2$$

Обобщая изложенные выше (и, очевидно, – далеко не полные) данные по площадям бассейнов рек Амударья и Сырдарья, получаем следующую динамику по сумме площадей водосборов рек Амударья и Сырдарья (в порядке возрастания) – разница между экстремальными величинами составляет 3, 7 раза:

- 1) 451 тыс. км²
- 2) → 528 тыс. км²
- 3) → 600 тыс. км²
- 4) → 927 тыс. км²
- 5) → 938 тыс. км²
- 6) → 1 млн. 100 тыс. км²
- 7) → 1 млн. 317 тыс. км²
- 8) → 1 млн. 395 тыс. км²
- 9) → 1 млн. 549 тыс.
- 10) → 1 млн. 395 тыс. км²
- 11) → 1 555 260 км²
- 12) → 1 млн. 672 тыс. км².

При этом подчеркнем, что существенная разница между данными по водосборам рек в разных источниках может быть также обусловлена выбором замыкающего створа, от местонахождения которого зависит величина площади водосбора.

Таким образом, с одной стороны, имеются разночтения в общей площади бассейнов рек Амударья и Сырдарья, с другой стороны, повторимся, - понятие «Бассейн Аральского моря» также не имеет однозначного содержания, и тем более, площадь БАМ не есть сумма площадей водосборных бассейнов рек Амударья и Сырдарья.

Основные выводы:

1. При рассмотрении региона под названием «Бассейн Аральского моря» в каждом конкретном случае следует определить, регион в каких границах имеется в виду, какие территории и, прежде всего, каких стран и бассейнов каких рек.

2. От точного определения границ БАМ зависят практически все искомые или подлежащие анализу параметры (размер территории, численность населения, объем водных ресурсов в целом и на душу населения, другие параметры).

В этом контексте, следует остановиться на том или ином определении понятия «Термин» в его прямом значении (от латинского слова *Terminus* - граница, предел) – ограничить предмет рассмотрения строгими рамками, в зависимости от целей научного исследования, аналитической записки, статьи, презентации и т.д.

3. Не может быть точного определения границ БАМ, которое устроило бы всех, поэтому практическое значение имеют пункты 1 и 2 выводов выше.

Литература

- 1) Амударья // <https://wiki2.net/Амударья>
- 2) Амударья – Amu-Darya // https://ru.xcv.wiki/wiki/Amu_Darya
- 3) Аральское море // http://cyclowiki.org/wiki/Аральское_море
- 4) Аральское море: общие сведения // <https://kazaral.org/aralskoe-more/obshhie-svedeniya/>
- 5) Аральское море стало терять меньше воды, выяснили ученые // 17.02.2014 // <https://ria.ru/20140217/995319452.html>
- 6) Арапова Г.У. Концепт, понятие и значение слова / Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. Раздел «Филологические науки» / 2016. – № 1 (часть 4) – С. 591-593 // <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=8612>
- 7) Афганистан // <https://ru.wikipedia.org/wiki/Афганистан>
- 8) Бассейн Аральского моря // https://www.google.ru/imgres?imgurl=http://ru-ec-ivas.waterunites-ca.org/uploads/posts/2011-03/1300514308_bassejn-aralskogo-morya_sm.gif&imgrefurl...
- 9) Бассейн Аральского моря / Исполнительный комитет международного Фонда спасения Арала // <https://ecifas-tj.org/aralsea/>
- 10) Бассейн Аральского моря. Водные ресурсы - подробная информация // http://ru-ec-ivas.waterunites-ca.org/aryl_basin/107-vodnye-resursy-podrobnaya-informaciya.html
- 11) Бассейн Аральского моря в цифрах // <http://www.cawater-info.net/aryl/figures.htm>
- 12) Вода - жизненно важный ресурс для Узбекистана // [http://wash.earthforever.org/lib/uz/water_critical%20resource_Uzbekistan_en_ru_uz/Russian/Water_Ru_part_02\[1\].pdf](http://wash.earthforever.org/lib/uz/water_critical%20resource_Uzbekistan_en_ru_uz/Russian/Water_Ru_part_02[1].pdf)
- 13) Водные ресурсы бассейна Аральского моря // http://ru-ec-ivas.waterunites-ca.org/aryl_basin/66-the-aral-sea-basin.html
- 14) Водные ресурсы бассейна Аральского моря // <http://www.cawater-info.net/aryl/water.htm>

- 15) Водные ресурсы - подробная информация // http://ru-ec-ifas.waterunites-ca.org/ara1_basin/107-vodnye-resursy-podrobnaya-informaciya.html
- 16) Водосборный бассейн Аральского моря и другие трансграничные воды в Центральной Азии (Глава 3) / https://unece.org/fileadmin/DAM/env/water/publications/assessment/Russian/G_PartIV_Chapter3_Ru.pdf
- 17) Географические понятия и их роль в географическом образовании // <http://antonioracter.narod.ru/nayka/geograf/metodika/geogrPonatia.htm>
- 18) Дефиниция / Философский словарь // <http://www.harc.ru/slovar/607.html>
- 19) Закон Республики Таджикистан «О наименованиях географических объектов» (в редакции Закона РТ от 19.03.2013г. №945) // http://www.adlia.tj/show_doc.fwx?rgn=7207
- 20) Закон Республики Узбекистан «О наименованиях географических объектов» (Принят Законодательной палатой 4 марта 2011 г., Одобрен Сенатом 26 августа 2011 г.)
- 21) Земельные ресурсы ЦАР // <http://tabiat.narod.ru/DB/IBCAR/13.doc>
- 22) Ибатуллин С. Проблемы Бассейна Аральского моря и значение регионального сотрудничества // http://mail.icw-ara1.littel.uz/bk/water_land_resources_use/russian_ver/pdf/ibatullin1.pdf
- 23) Ивлев Ю. В. Логическая форма понятия / Логика. Учебник // <http://www.hi-edu.ru/e-books/xbook718/01/part-008.htm>
- 24) Ирригация в Центральной Азии в цифрах / Отчеты ФАО по водным ресурсам. Исследование АКВАСТАТ – 2012 (Обзор АКВАСТАТ - 2012) / Под редакцией Карен Френкен. // <http://www.fao.org/3/i3289r/i3289r.pdf>
- 25) Кара-Дарья // <https://ru.wikipedia.org/wiki/Карадарья>
- 26) Карта Центральной Азии // <http://planetolog.ru/map-continent-zoom.php?id=ASI&scheme=6> // <http://www.un.org/>
- 27) Концепт / Словари и энциклопедии на Академике. Философская энциклопедия // https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/4425/Концепт
- 28) Концепт // <https://iphlib.ru/library/collection/newphilenc/document/HASH28261615260566fbd37028>
- 29) Миклин Ф., Аладдин Н. Восстановление Аральского моря / «В мире науки» №7, 2008 // <http://elementy.ru/lib/430635?context=369888>
- 30) Общая характеристика бассейна Аральского моря // <http://caspi.ru/EE/03-obj/Aral/Aral-02.html>
- 31) Омельянович И.Г. Географические понятия и их формирование // <http://www.academy.edu.by/files/podrazdelenia/geo/geograf%20ponitie.pdf>
- 32) Опустынивание Арала // <http://ara1-sea.com/>
- 33) Площадь стран Центральной Азии // <http://www.mir-geo.ru/centr-aziya/geogr/plos>
- 34) Понятие // Большая российская энциклопедия // <https://bigenc.ru/philosophy/text/3158351>

- 35) Понятие / Словари и энциклопедии на Академике. Философская энциклопедия // https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/952/Понятие
- 36) Понятие // <http://tolkslovar.ru/p14103.html>
- 37) Понятие как форма мышления (Лекция 3) // http://www.ineu.ru/ineu/cath_gised/old/lektsiya__3_Ponyatie_kak_forma_myshleniya.pdf
- 38) Программа по оказанию помощи странам бассейна Аральского моря на период 2011-2015 годы (ПБАМ-3) / Международный Фонд спасения Арала, Алматы – 2012 // <http://kazaral.org/wp-content/uploads/2017/05/ПБАМ-3-полная-версия.pdf>
- 39) Реки. Амударьинский бассейн. Амударья // http://www.cawater-info.net/bk/water_land_resources_use/docs/rivers.html
- 40) Реки. Сырдарьинский бассейн. Сырдарья // http://www.cawater-info.net/bk/water_land_resources_use/docs/rivers.html
- 41) Рысбеков Ю.Х., Рысбеков А.Ю. К вопросу о дефиниции понятия «Центральная Азия и ее центральности» / Научные записки НИЦ МКВК Центральной Азии, №13, 2021, 18 с. Ташкент, 2021 // http://www.cawater-info.net/library/rus/sic-icwc_proceedings_13_2021.pdf
- 42) Сырдарья от Тянь-Шаня до Аральска // <https://kazaral.org/syrdarya-ot-tyan-shanya-do-aralska/>
- 43) Сырдарья - Syr Darya // https://ru.xcv.wiki/wiki/Syr_Darya
- 44) Термин /Словари и энциклопедии на Академике. Современная энциклопедия // <https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc1p/47242>
- 45) Федеральный Закон «О наименованиях географических объектов» (принят Госдумой 17 окт. 1997 г., одобрен Советом Федерации 3 дек. 1997 г.). (В редакции Федерального закона от 23.07.2008 № 160-ФЗ) // http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?doc_itself=&infostr=xO7q8+z17flg7vLu4fDg5uD18vH/IO3IIIOIg7+7x6+Xk7eXpIPD15ODq9ujo&nd=102050595&page=1&rdk=1#I0
- 46) Хамрохон З. Таджикистан выгодно для себя решил территориальные разногласия с Китаем // <http://www.news.tj/ru/node/188041>
- 47) Центральная Азия - Central Asia // https://wikichi.ru/wiki/Central_Asia
- 48) Шулятиков И. С. Термин «Концепт» в современной лингвистике / 2015 // <https://cyberleninka.ru/article/n/termin-kontsept-v-sovremennoy-lingvistike-1>
- 49) Aral Sea // http://www.cawater-info.net/aral/water_e.htm
- 50) Aral Sea Basin / 28.10.2011 // http://ec-ivas.waterunites-ca.org/aral_basin/66-the-aral-sea-basin.html
- 51) Drainage basin of the Aral Sea and other trans-boundary surface waters in Central Asia / Chapter 3: Aral Sea and other waters in Central Asia // <https://unece.org/fileadmin/DAM/env/water/blanks/assessment/aral.pdf>
- 52) (The) Aral Sea Basin: Water for Sustainable Development in Central Asia / Edited by Stefanos Xenarios, Dietrich Schmidt-Vogt, Manzoor Qadir, Barbara Janusz-Pawletta, Iskandar Abdullaev- / Copyright Year 2020 / Published April 1, 2021 by Routledge /252 Pages / ISBN 9780367777029 // <https://www.routledge.com/The-Aral-Sea-Basin-Water-for-Sustainable-Development-in-Central-Asia/Xenarios-Schmidt-Vogt-Qadir-Janusz-Pawletta-Abdullaev/p/book/9780367777029>

53) FAO 2012, FAO AQUASTAT Trans-boundary River Basin Overview – Aral Sea // <http://www.fao.org/3/ca2139en/CA2139EN.pdf>

54) Glazovsky, Nikita F. The Aral Sea basin // <http://www.nzdl.org/cgi-bin/library?e=d-00000-00---off-0ccgi--00-0---0-10-0---0---0direct-10---4-----0-11--11-en-50---20-about---00-0-1-00-0--4---0-0-11-10-0utfZz-8-00&cl=CL1.4&d=HASH87f04e891c1a79a0e99d43.6>=1>

55) Roll Gulnara, Alexeeva Natalia, Aladin Nikolai, Plotnikov Igor, Sokolov Vadim, Sarsembekov Tulegen, Micklin Philip P. Aral Sea / Lake Basin Management Initiative // http://www.worldlakes.org/uploads/aralsea_30sep04.pdf

О состоянии водоучета на межхозяйственных каналах «ТСТ Agrocluster»

Масумов Р.Р.

В СССР метрологический контроль над измерениями расходов воды в Узбекской ССР и смежных среднеазиатских республиках осуществлялись головной метрологической службой (ГОМС, ПКТИ «Водавтоматика и метрология», Бишкек), базовой организацией метрологической службы (БОМС, САНИИРИ, ПКТБ, Ташкент) и различными зональными метрологическими центрами (ЗМЦ), функционировавшими на их территориях.

С момента обретения Среднеазиатскими республиками государственного суверенитета, большинство ЗМЦ и БОМС из-за сокращения финансирования постепенно прекратили свое существование.

За последние 30 лет все гидропосты на межхозяйственных каналах Узбекистана практически не поверялись. Эта работа была возложена на ведомственные гидрометрические службы БУИС МВХ Узбекистана. Такое положение дел привело к тому, что плановые поверки и аттестации гидропостов на всех магистральных и межхозяйственных каналах проводились неквалифицированными гидрометрами формально, без учета все ухудшающегося технического состояния каналов и гидропостов. Положение дел усугубилось еще тем, что многие отделы гидрометрии в районных водохозяйственных организациях (РВХ) вместе со штатом были упразднены.

В итоге в течение многолетней эксплуатации каналов с водомерными постами без проведения текущих и плановых ремонтно-восстановительных работ (РВР) техническое состояние их ухудшалось. Многие регулирующие подъемные механизмы затворов были расхищены вандалами, уровнемерные рейки, в результате коррозии утратив мерную шкалу, разрушились. На многих гидропостах в результате неправильной установки реек в мерном створе нули реек были приподняты или опущены ниже средней отметки дна канала, что позволяло манипулировать показаниями расходов воды. Без плановых очисток и ремонта откосов каналов произошло заиление дна земляных и бетонных каналов и зарастание их водной растительностью, что, в конечном итоге, привело к изменению гидравлического режима потока в створах гидропостов. Изменение гидравлического режима потока привело к изменению уравнений расходов и графиков

гидропостов, что увеличило погрешность измерения расхода по таблицам координат.

Средства, выделяемые на проведение РВР на гидромелиоративных системах (ГМС), ежегодно сокращались, а то, что поступало в бюджет РВХ, частично выполнялись «на бумаге». В итоге, из-за отсутствия государственного контроля со стороны национальных метрологических служб (БОМС САНИИРИ, ПКТБ, ЗМЦ) практически все гидропосты на магистральных и межхозяйственных каналах в результате многолетней эксплуатации без полного проведения капитальных и текущих РВР утратили нормативное техническое состояние. В свою очередь, такая ситуация привела к возникновению больших погрешностей расходных характеристик гидропостов – на 10% и более, которые сегодня нуждаются в повторной государственной поверке. Естественно, про учет воды на внутрихозяйственных каналах, на гидропостах в отводах в фермерские хозяйства (на многих они не существуют) говорить не приходится.

В последние годы в Узбекистане идет процесс развития кластерной системы в сельском хозяйстве. Во исполнение Постановления КМ РУз № 974 от 01.12.2018 г. «О мерах по созданию современного агропромышленного кластера в Куйичирчикском районе Ташкентской области» был создан кластер «ТСТ Agrocluster» с правом постоянного владения и пользования 35,4 тыс. гектаров орошаемых земель, включая 3,1 тыс. гектаров рыбоводческих прудов.

В задачу кластера входит организация производства хлопка-сырца, колосовых, зерновых, бобовых и других культур, а также рыбоводства. До создания кластера управлением водой в Куйичирчикском районе на межхозяйственном уровне занималось УИС «Паркент-Карасу», а на внутрихозяйственном уровне распределением воды занимались ассоциации водопотребителей (АВП) и общества с ограниченной ответственностью (МЧЖ).

Согласно Указу Президента РУз № УП-3672 от 17 апреля 2018 г., были созданы районные отделы ирригации (РВХ), в том числе и в Куйичирчикском районе, которому передали на баланс межхозяйственную оросительную сеть. В начале 2021 года в рамках государственно-частного партнерства (ГЧП) между Минводхозом и «ТСТ Agrocluster» было заключено соглашение на передачу на арендной основе права по эксплуатации межхозяйственной и внутрихозяйственной ирригационной сети Куйичирчикского района сроком на 10 лет со всеми вышеуказанными проблемами. Как следствие, РВХ Куйичирчикского района был ликвидирован, а его штат вошел в организационную структуру управления ирригации и мелиорации кластера «ТСТ Agrocluster».

Для оценки современного технического состояния ирригационной сети и водоучитывающих сооружений на территории «ТСТ Agrocluster», с НИЦ МКВК был заключен хоздоговор №147 от 15.05.21: «Организация учёта воды для контроля фактического распределения воды».

Целью исследования была разработка «Рекомендаций по организации учёта воды для контроля фактического распределения воды» среди водопотребителей кластера. Дополнительно с целью оказания методической помощи НИЦ МКВК были разработаны «Рекомендации по проведению ремонтно-восстановительных работ на каналах, включая гидротехнические и водомерные сооружения кластера».

В задачи исследований входило выполнение работ, связанных с созданием сети водомерных устройств на каналах кластера. Проведение контрольных замеров расходов воды на гидропостах каналов для проверки достоверности их расходных характеристик, имеющихся в технических паспортах. Проведение повторной градуировки на гидропостах, у которых расходные графики и таблицы имели недопустимые погрешности.

Работы были организованы следующим образом: предварительно были изучены карты ирригационной сети каналов кластера РК-5; РК-6; РК-7; РК-8; РК-9 и РК-10. По каждому каналу были изучены технические паспорта гидропостов, оборудованных на отводах в фермерские хозяйства. Изучение технической документации вышеупомянутых каналов показало, что на межхозяйственной оросительной сети имеются 203 единиц различных гидротехнических сооружений, из них только 14 единиц функционируют как водораспределительные, а 84 единицы используются как водорегулирующие и 105 как водоучитывающие. Внутрихозяйственная оросительная сеть кластера имеет 1535 точек водозабора водопользователей. Из них только 92 ед. оборудованы водорегулирующими сооружениями, без наличия гидропостов.

Натурные обследования технического состояния межхозяйственных каналов были начаты в апреле 2021 г. с головного гидропоста канала РК-10. Визуальная оценка подводящего участка гидропоста показала, что в результате отложения наносов симметричность потока воды была нарушена, стержень оси потока был смещен к правому берегу. Гидрометром кластера и его помощником под руководством специалиста НИЦ был проведен контрольный замер расхода воды (рис. 1).

В процессе измерения было выявлено, что показания уровня по штанге вертушки и уровнемерной рейке имели расхождения. Так, по показаниям глубина на оси канала по штанге было 77 см, а показание по уровнемерной рейке – 55см. Сопоставление измеренного расхода воды $Q = 10,25 \text{ м}^3/\text{с}$ паспортными данными по таблице координат было $Q = 8,16 \text{ м}^3/\text{с}$, что дало расхождение около $2 \text{ м}^3/\text{с}$. Причиной такого рас-

хождения было неправильное положение нуля рейки гидропоста и асимметричное сечение водного потока в створе гидропоста, что влияло на точность измерения скоростей потока на вертикалях.



Рис. 1. Измерение расхода воды на головном гидропосту канала РК-10

Дальнейшее обследование технического состояния остальных каналов кластера показало, что на протяжении 30-40 лет, практически никакие очистные капитальные РВР не проводились, в результате многие каналы имели значительные отложения наносов (рис. 2).

Бетонная облицовка многих каналов была деформирована и разрушена, оборудованные ранее водомерные устройства типа водослива Иванова, тоже были деформированы и находились в непригодном состоянии (рис. 3).

На многих гидропостах уровнемерные рейки отслужили свой срок эксплуатации по причине заиления и коррозии (рис. 4).



Рис 2. Отложения наносов в подводящем участке гидропоста



Рис 3. Гидропост с водосливом Иванова, с рейкой в бетонной нише



Рис 4. Уровнемерная ниша с рейкой на откосе канала забитая наносами

Анализ графиков и таблиц координат технических паспортов гидропостов показал, что за исключением нескольких, расходные характеристики (графики и таблицы) составлены неверно. Причиной было, в первых, недостаточное количество замеров расходов воды: при первичной градуировке было сделано всего 2-3 замера, а надо не менее 5-6 замеров, во всем диапазоне уровней или расходов воды ($Q_{\text{мин}}$ – $Q_{\text{мак}}$). Второе – отсутствие опыта и знаний у гидрометров при построении графика и заполнении ими таблиц координат.

По этим причинам графики расходов $Q = f(H)$ при аппроксимации имели большие расхождения и погрешности. Такое положение дел привело к тому, что при распределении воды среди водопользователей возникали невязки, одним подавали воду «на глазок» с избытком, другим – с недостатком, что вело к социальной напряженности.

В этой связи было принято решение, на гидропостах, имеющих проблемные графики и таблицы, проводить контрольные замеры расходов воды. Контрольные замеры были необходимы для корректировки расходных характеристик гидропостов.

Для проведения такого большого количества контрольных замеров требуется большой штат квалифицированных гидрометров и несколько гидрометрических вертушек. В действительности, в штате кластера числился один гидрометр и имеется одна гидрометрическая вертушка ГР-21М.

Ежедневно производился выезд на один из проблемных гидропостов, на котором проводился контрольный замер расходов воды. Измеренные

значения расхода воды сопоставлялись с паспортными данными технических паспортов гидропоста, что было необходимо для корректировки расходных таблиц. Это не позволяло проводить полномасштабные контрольные измерения расходов воды на гидропостах, даже в пределах одного межхозяйственного канала в течение вегетации. С одной стороны, проведение контрольных замеров на проблемных гидропостах было необходимо, с другой стороны, после завершения РВР на каналах кластера и улучшения их технического состояния, возникала необходимость в их повторной градуировке с построением новых графиков и таблиц. Конечно, на это требуется время, возможно не одна вегетация, но делать такую работу необходимо. Без такой большой и нужной работы невозможно будет составлять реальный план водопользования, вести достоверный водный баланс по стволу как межхозяйственных, так и внутривозхозяйственных каналов кластера.

Следует отметить, что очень своевременным является принятое Кабинетом Министров Республики Узбекистан Постановление «Об утверждении Концепции развития и совершенствования Национальной системы обеспечения единства измерений на период 2019-2023 годы» от 28 мая 2019 г. №440», которое во исполнение постановления Президента Республики Узбекистан от 12 декабря 2018г № ПП-4059 «О мерах по дальнейшему развитию систем технического регулирования, стандартизации, сертификации и метрологии», в целях дальнейшего развития системы обеспечения единства измерений в Республике Узбекистан, вынесло решение: «Необходимо формирование современного парка измерительного оборудования для расширения измерительных возможностей и обеспечения полноценного охвата метрологическим контролем потребности предприятий республики по всем направлениям, а также создание разветвленной сети измерительных лабораторий во всех регионах республики, в том числе на условиях государственно-частного партнерства».

Выводы:

- Срок службы большинства объектов инфраструктуры водного хозяйства кластера превышает более 50-80 лет. Для 80% межхозяйственных каналов необходимы ремонтно-восстановительные работы, а 50% – требуют частичной реконструкции;
- Из 1535 точек водозабора водопользователей, на межхозяйственной и внутривозхозяйственной оросительных сетях, из 92 ед. водорегулирующих сооружений только 53 ед. находятся в исправном состоянии, а из 85 ед, средств водоучета в удовлетворительном состоянии находятся только 50%;

- Необходимо организовать отдел гидрометрии (штат 4 чел.) для ведения контрольных замеров и поверки гидростов после РВР;
- Необходимо организовать отдел водопользования (штат 2-3 чел.) для ежедневного ведения мониторинга распределения воды среди водопользователей и приема заявок на воду.
- Произвести закуп гидрометрических вертушек ГР-21 российского производства в количестве не менее 3 ед.;

Литература

1. Масумов Р.Р. О реанимации и создании зональных метрологических служб в водном хозяйстве республик Центральной Азии. Наука и инновационные технологии на службе водной безопасности. Часть 2. Сб. научн. трудов Сети водохозяйственных организаций Восточной Европы, Кавказа, Центральной Азии, вып.14. Ташкент: НИЦ МКВК, 2019, с. 68.

2. Чураев А.А., Юченко Л.В., Шепелев А.Е. К вопросу точности измерения устройств учета воды на гидромелиоративной сети, обеспеченных системами телеметрии // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. – 2020. – № 3(06). – С. 73–81.

Повышение эффективности планирования распределения водных ресурсов реки Амударья посредством компьютерного моделирования

Сорокин Д.А.

В бассейне реки Амударья функционирует сложный водохозяйственный комплекс, работа которого на фоне нарастания дефицита водных ресурсов в последние годы затруднена из-за отсутствия качественного информационного обеспечения планирования распределения водных ресурсов - прогнозов и оценок составляющих русловых балансов реки Амударья, таких как, русловые потери, объемы трансформации воды в реке за счет резких изменений расходов воды, возвратный сток.

Для улучшения управления водными ресурсами предлагается повысить достоверность и качество аналитической информации, т.е. модернизировать систему планирования и оперативного управления, существующую в БВО «Амударья», включив в нее математические модели и правила внутригодового управления водными ресурсами, которые должны быть представлены в электронном формате, в удобной для пользователя форме (ГИС-интерфейс, русловые модели, БД).

С этой целью, НИЦ МКВК с начала 2021 года, с участием БВО «Амударья» и его территориальных подразделений, реализует по договору с Министерством инновационного развития Республики Узбекистан проект «Разработка электронных правил внутригодового управления стоком реки Амударья». Подход к выполнению данных исследований был разработан при подготовке «Uzbek-Chinese Scientific-Technical Project Proposal», где партнером НИЦ МКВК является Институт географических наук и исследований природных ресурсов Академии наук Китайской Народной Республики.

На рис. 1 показана схема размещения объектов моделирования, которое проводилось в рамках разработки «Электронных правил». Здесь, на схеме большого бассейна Амударья (которая описывает систему распределения водных ресурсов, реализованную в русловой модели комплекса AS-Вmm), выделены прямоугольным (красным) контуром те участки и объекты Малого бассейна Амударья (река и ее притоки), режимы которых исследуются в рамках разработки «Электронных правил», - они полностью соответствуют участкам и объектам управления и контроля МКВК/БВО «Амударья»; стрелками показаны основные потоки водных ресурсов.

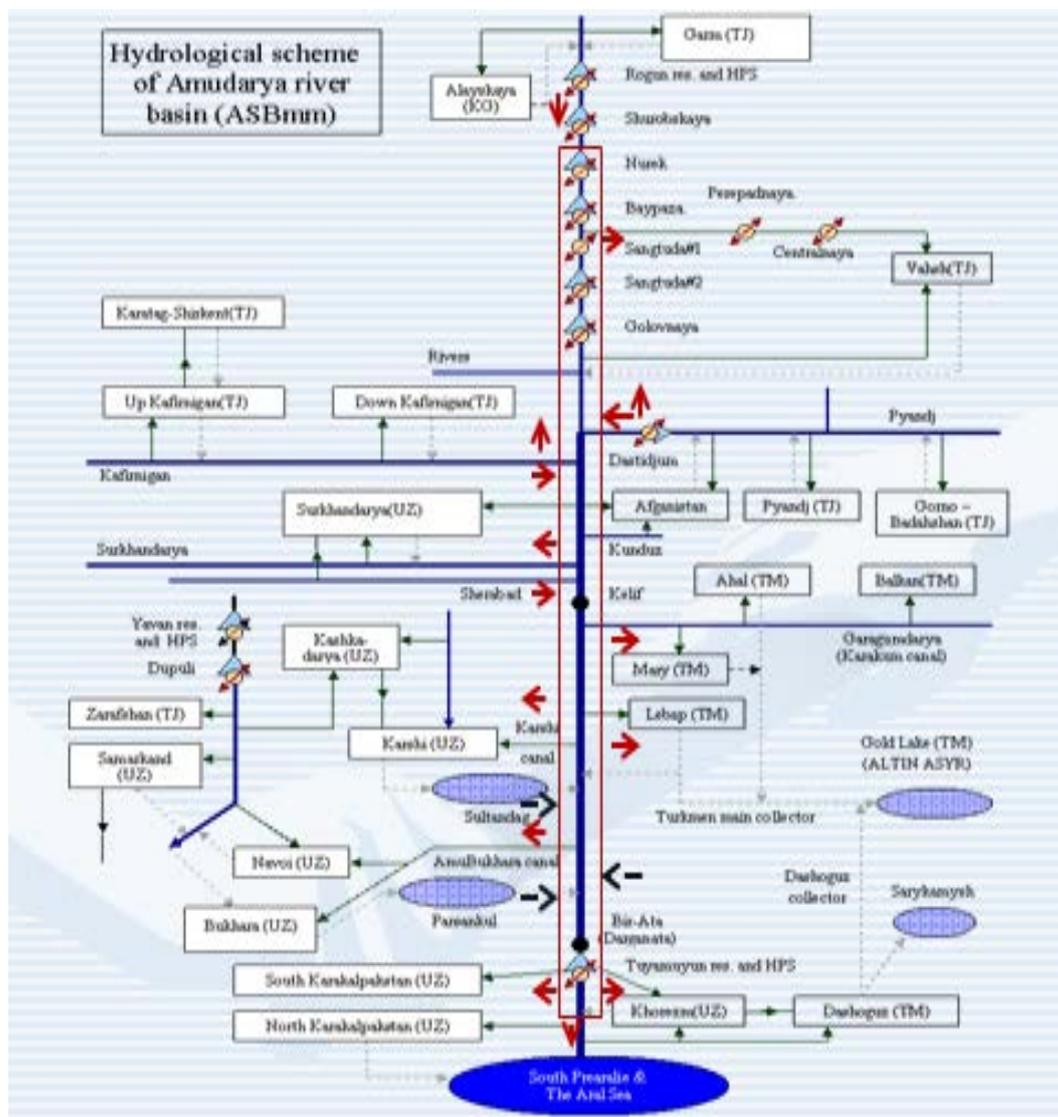


Рис. 1 Схема размещения объектов моделирования

В схему распределения водных ресурсов при анализе планирования и оперативного управления, осуществляемого БВО «Амударья», включены:

- i) водные ресурсы рек Вахш (Таджикистан), Пяндж (Таджикистан и Афганистан), Кундуз (Афганистан), Кафирниган (Таджикистан), Сурхандарья (Узбекистан),
- ii) водохранилище Нурекской ГЭС и водохранилища Тюямуянского гидроузла (как одна емкость),
- iii) водозаборы Таджикистана из рек Вахш, Пяндж, Кафирниган (нижняя часть, контролируемая БВО «Амударья»), водозаборы Туркмени-

стана в среднем (Гарагумдарья, Лебап) и нижнем (Дашагуз) течениях Амударьи, водозаборы Узбекистана из Амударьи в бассейн Сурхандарьи (машинный водоподъем), в бассейн Кашкадарьи (по Каршинскому каналу), в бассейн Зеравшана (по Амубухарскому каналу), в Хорезм и Каракалпакстан,

iv) возвратный сток в Амударью с орошаемых массивов стран.

Исследование детального руслового баланса с определением всех статей (водозабор, возвратный сток, потери воды на испарение и фильтрацию, изменение объемов воды на участках рек) предусмотрено для среднего участка реки Амударья (от г/п Келиф до г/п Дарганата) и нижнего участка (от г/п Тюямуюн до г/п Саманбай). Для Тюямуюнского водохранилища предусмотрено исследование статей водного баланса с определением потерь воды на испарение с водной поверхности и фильтрацию.

Предполагается, что основной частью разрабатываемых «Электронных правил» должна составить «Информационная система поддержки принятия решений (ИСППР) в области управления водными ресурсами малого бассейна Амударьи» (область управления МКВК/БВО «Амударья»). ИСППР будет состоять из нескольких модулей, основными из которых являются:

- модуль анализа фактической ситуации, позволяющий пользователю иметь доступ через интерфейс к ГИС-карте, где расположены интересные его объекты – источники водных ресурсов, водохранилища, ГЭС, участки реки, водопотребители, водные экосистемы, где можно получить информацию о динамике формирования, регулирования стока, его использования, получить расчетные значения потерь воды из реки и водохранилищ,
- модуль планирования распределения и регулирования стока Амударьи, позволяющий пользователю самостоятельно на выбранном участке выполнить водобалансовые расчеты, с шагом 1 месяц на предстоящий сезон (октябрь-март, апрель-сентябрь),
- модуль расчета трансформации гидрографа среднесуточных расходов Амударьи, позволяющий пользователю самостоятельно выполнить расчет и проследить изменение суточного гидрографа реки Амударья (период – декада) из начальных створов (Керки, Тюямуюн) к конечным (Дарганата, Саманбай),
- модуль нормативных показателей и ограничений (правил), представляющий собой набор таблиц, графиков и рекомендаций в текстовом формате, составленных по результатам численных экспериментов, направленных на поиск рациональных режимов и допустимых значений (включая оценку потерь воды, объемов наполнения водохрани-

лиц, попусков из водохранилищ, экологических попусков в водные экосистемы и Арал).

«Электронные правила» после их завершения (2022 г.) позволят пользователю получать справочную информацию и рекомендации:

- по расчету статей русловых балансов – возвратный сток, потери воды в русле реки, русловое регулирование,
- по установлению и соблюдению экологических попусков,
- по расчету водных балансов водохранилищных гидроузлов – рекомендации по режимам работы гидроузлов, ограничения по допустимым объемам наполнения водохранилищ и др.

База данных «Электронных правил» после ее наполнения (2022 г.) будет состоять из ретроспективных данных, данных, которые формируются пользователем (при работе в интерфейсе) и расчетных данных, выдаваемых компьютерными моделями при их работе. Через окно пользователя интерфейса будет организован доступ к основным расчетным модулям, информационному блоку, содержащему справочную информацию и к рекомендациям по расчету составляющих русловых балансов и режимов работы водохранилищных гидроузлов.

Работа в основных модулях будет представлять: настройку модели (выбор объектов, параметров), ввод данных и управляющих воздействий пользователя (коэффициенты, параметры), запуск модели на выполнение, доступ к расчетной информации, и ее экспорт в выбранный формат. Результаты расчетов будут представлены в таблицах и на графиках. Просмотр фактической информации будет возможен также через выбор объектов и параметров на электронной карте.

«Электронные правила» управления водных ресурсов реки Амударья будут подсказывать пользователю эффективные решения, поскольку будут основываться на понимании того:

- какие должны быть пределы естественных (физических) русловых потерь по реке,
- какое может быть объяснение невязок русловых балансов, превышающих рекомендуемые расчетные русловые потери на испарение и фильтрацию,
- как эффективно прогнозировать и планировать водохозяйственную ситуацию на ближайшую перспективу (сезон) – по режимам рек и режимам водохранилищных гидроузлов (Нурекская ГЭС, Тюямуонский гидроузел), с учетом возможных потерь воды на участках рек и в водохранилищах,

- как оценивать план распределения и регулирования стока, по каким показателям, и как корректировать его исходя из текущей фактической ситуации и изменений в прогнозах водности,
- как рассчитать трансформацию суточного гидрографа стока реки на расчетных участках среднего (г/п Керки – г/п Дарганата) и нижнего (г/п Тюямуюн – г/п Саманбай) течений реки Амударья.

В рамках данных исследований:

- выполнен анализ текущей работы БВО «Амударья» и его территориальных подразделений по планированию и оперативному управлению водными ресурсами бассейна р. Амударья; определены требования БВО «Амударья» к разработке «электронных правил управления водными ресурсами р. Амударья», как основного их пользователя,
- разработана математическая модель и алгоритмы планирования распределения водных ресурсов Амударьи и регулирования стока Нурекской ГЭС и водохранилищами Тюямуюнского гидроузла,
- разработана математическая модель и алгоритмы оперативного управления, позволяющего корректировать первоначальный план распределения водных ресурсов Амударьи при изменении водности реки и требований на воду,
- разработана динамическая модель и алгоритмы расчета трансформации суточного гидрографа реки Амударья вдоль русла реки и во времени для среднего и нижнего течений,
- разработан прототип интерфейса (рис. 2).

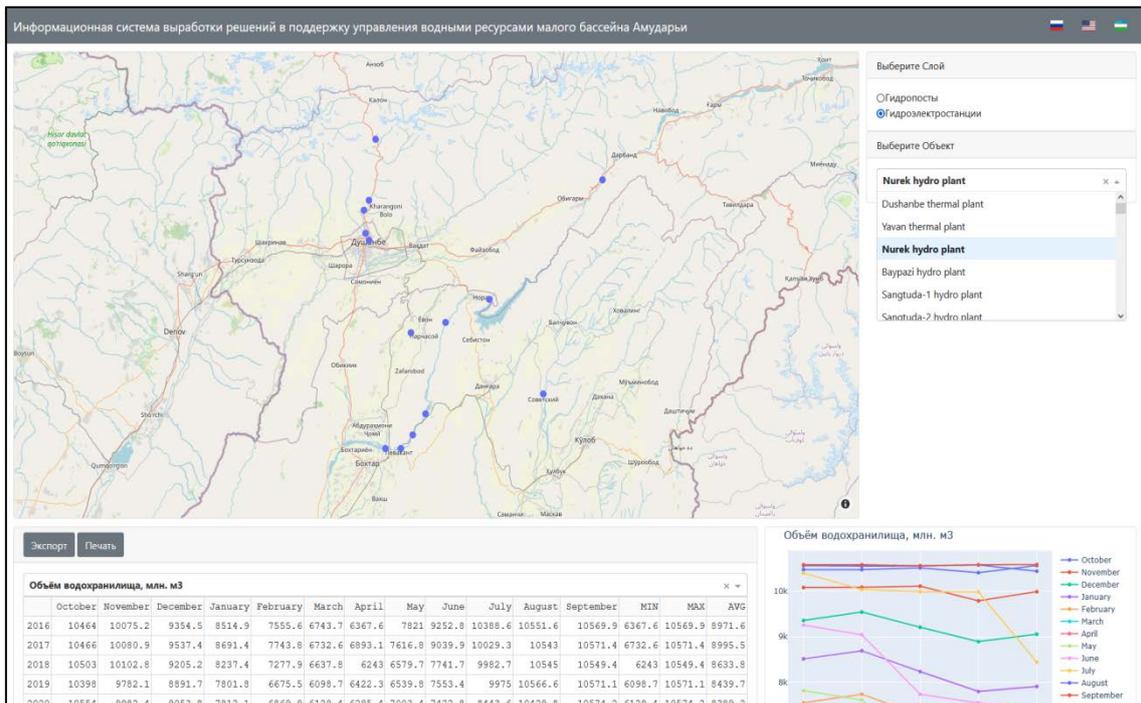


Рис. 2. Пример прототипа интерфейса «Электронных правил» / ИСПР

Методика оценки потерь воды в водохранилищах Тюямуюнского гидроузла

Сорокин Д.А.

По оценкам НИЦ МКВК, выполненным на данных БВО «Амударья», невязка водного баланса водохранилищ Тюямуюнского гидроузла (разница между статьями прихода и расхода водных ресурсов) в последние годы колеблется в значительных пределах, что требует проведения специальных исследований для выявления причин таких колебаний. Например, годовая невязка водного баланса водохранилищ Тюямуюнского гидроузла (участок реки от г/п Дарганата до г/п Тюямуюн) в 2016-2017 гидрологическом году (октябрь-сентябрь) оценивается в 0.3 км^3 , а в 2017-2018 г – уже в 3.8 км^3 , в 2019-2020 г – 3.9 км^3 .

Невязки водного баланса водохранилищ Тюямуюнского гидроузла (ТМГУ) могут быть следствием следующих причин:

- Неучтенных при расчете водного баланса потерь воды из водохранилищ ТМГУ на испарение с водной поверхности и фильтрацию,
- Неточности измерений стока реки Амударья на входе в зону расположения ТМГУ (пост Бирата, Туркменистан) и на выходе из нее (пост Тюямуюн, Узбекистан). Завышение стока на входе в ТМГУ приводит к отрицательной невязке, показывающей «мнимые» потери из водохранилищ,
- Неточности расчета объемов воды в водохранилищах ТМГУ, когда объем рассчитывается по проектным батиметрическим кривым, не учитывающим заиление водохранилищ, т.е. потери емкости, - проектная кривая дает большее значение объема воды в водохранилище, чем кривая, откорректированная на заиление, при одном и том же уровне воды,
- Неучтенного водозабора из водохранилищ ТМГУ, который не может превышать разницы между суммарной пропускной способности левобережного и правобережного каналов (зависящей от уровня воды в Русловом водохранилище ТМГУ) и фактического водозабора в эти каналы.

Минимизация ошибок при расчете водного баланса водохранилищ ТМГУ и как следствие – снижение невязок водного баланса является одной из важных задач Управления эксплуатации ТМГУ. В этой связи акту-

альной является задача правильного расчета потерь воды из водохранилищ ТМГУ, осуществляемого при планировании работы ТМГУ – расчете регулирования стока водохранилищами ТМГУ, и при оценке его фактического режима и фактического водного баланса водохранилищ, когда оценивается невязка баланса.

Потери воды из водохранилищ ТМГУ включают: i) потери воды на испарение с водной поверхности и поверхности части дна водохранилищ, с которого уходит вода при опорожнении водохранилищ, а также ii) потери воды на фильтрацию из водохранилищ.

Расчет потерь на испарение осуществляется известными методами посредством умножения «чистой испаряемости» с водной поверхности водохранилищ (разницы между испарением и осадками на 1 м^2) на площадь водной поверхности водохранилищ (которая определяется по батиметрической кривой в зависимости от уровня воды или объема воды в водохранилище). Испаряемость с водной поверхности (E) может быть рассчитана по ряду известных формул в зависимости от климатических данных зоны расположения ТМГУ, например, по формуле Н.Иванова в зависимости от средней месячной температуре воздуха и относительной влажности (1). Учет испарения с площади, временно не занятой водой или занятой растительностью можно осуществлять посредством эмпирических коэффициентов.

$$E = 0.00144(t+25)^2 (100-r), \quad (1)$$

Где:

t – средняя месячная температура воздуха, град С,

r – относительная влажность, %, $[E] = \text{мм} / \text{мес}$.

Малоисследованным остается вопрос об оценке фильтрационных потерь, о существовании которых указывают некоторые авторы, а также значительные невязки водного баланса водохранилищ.



Рис. 1. Схема расположения водохранилищ ТМГУ

Одна из гипотез формирования фильтрации из водохранилищ ТМГУ была описана и исследована в конце 80-х годов отделе Комплексного регулирования стока рек НПО САНИИРИ [1]. Для водохранилищ Тюямуюнского гидроузла (Руслового, Капарас, Султано-Санджара и Кошбулака) было предложено характеристики фильтрационного потока рассчитывать основываясь на гипотезе существования гидравлической взаимосвязи подземного резервуара с водохранилищем.

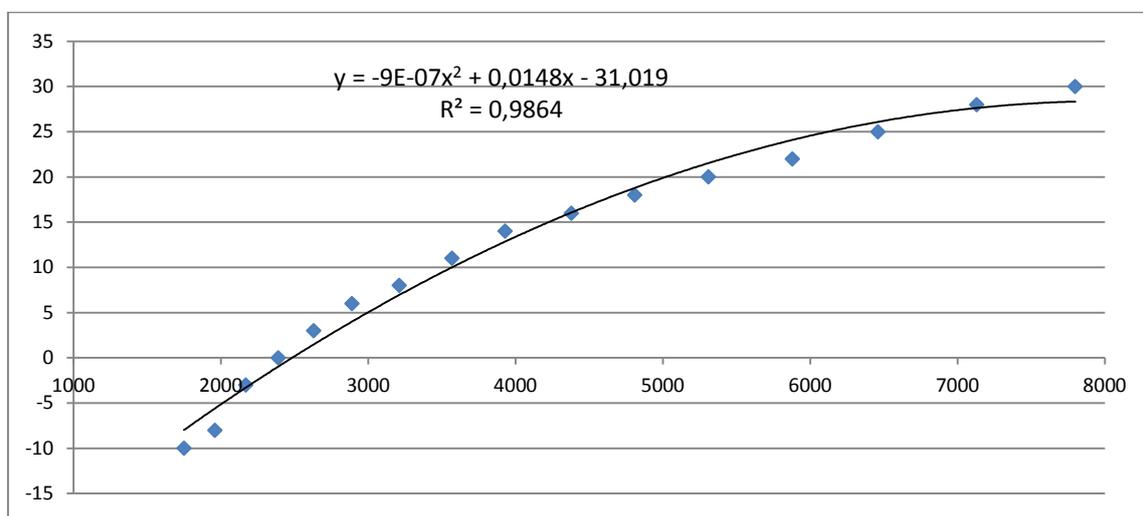


Рис. 2. Зависимость фильтрационного расхода водохранилищ

ТМГУ - ось Y ($Q_{\text{фил.ТМГУ}}$, $\text{м}^3/\text{с}$) от суммарного объема воды в водохранилищах
— ось X ($V_{\text{ТМГУ}}$, млн. м^3).

Наличие фильтрационных потоков, подпитывающих водохранилище при очень низких уровнях воды в водохранилищах или уходящих из водохранилищ в подземную емкость при высоких уровнях воды в водохранилищах, было доказано выявленной синхронностью совмещенных графиков изменения годовых невязок стока и среднегодовых уровней воды в водохранилищах за 1982-1988 гг.

Модель гидравлической взаимосвязи подземного резервуара с водохранилищем была разработана А.Савицким и реализована в виде расчетного инструмента в отделе Комплексного регулирования стока рек САНИИРИ [2]. С использованием данной модели были выполнены расчеты фильтрационных потоков водохранилищ ТМГУ на данных режима работы ТМГУ за 1981-1988 годы [1].

В региональном информационно-аналитическом отделе НИЦ МКВК была выполнена обработка фильтрационных потоков ТМГУ, полученных при моделировании гидравлической взаимосвязи подземного резервуара с водохранилищем, и построена зависимость расходов фильтрации ($Q_{\text{фил.ТМГУ}}$, м³/с) от суммарного объема воды в водохранилищах ТМГУ ($V_{\text{ТМГУ}}$, млн.м³) – смотрите рисунок 2. Зависимость $Q_{\text{фил.ТМГУ}}(V_{\text{ТМГУ}})$ применима в предположении одновременного наполнения и сработки всех водохранилищ, т.е. когда мы рассматриваем водохранилища ТМГУ как одну емкость.

Для более точного расчета (при наличии данных режимов работы всех водохранилищ ТМГУ) мы рекомендуем использовать, полученные нами, зависимости фильтрационных расходов (Q , м³/с) от уровней воды в этих водохранилищах (H , м):

$$\text{Для Руслowego водохранилища: } Q = - 0.015H^2 + 5.07H - 390 \quad (2)$$

$$\text{Для Капараса: } Q = - 0.024H^2 + 6.38H - 417 \quad (3)$$

$$\text{Для Султансанджара и Кошбулака: } Q = 1.22H - 143 \quad (4)$$

В среднем за период 1981-1988 гг. годовой фильтрационный расход из всех водохранилищ ТМГУ составил 16 м³/с или около 0.5 км³ в год. Данный объем приблизительно соответствует отметке 124 м. Прекращение фильтрационных расходов из водохранилищ ТМГУ (фильтрационных потерь) происходит при отметках 119-118 м, при отметке 120 м объем фильтрационных потерь составляет около 0.2 км³/год. Максимальная фильтрация, осуществляемая при отметке 130 м, и которая выдерживается в течении всего года, оценивается в 0.9 км³/год.

Суммарные максимальные расчетные потери воды из водохранилищ ТМГУ (на участке г/п Дарганата – г/п Тюямуюн) на испарение и фильтрацию могут составлять до 2 км³, при существующем режиме наполнения и

сработки водохранилищ в маловодные годы - 0.7–0.9 км³, в многоводные – до 1.5 км³.

Литература

1. Каюмов О.А., 1990. Рекомендации по управлению водно-солевым, наносным и уровенным режимами р. Амударья и водохранилищ Тюямуянского гидроузла, НПО САНИИРИ, Отдел комплексного регулирования стока рек, Договор 47/88 с Средазгипроводхлопком. Ташкент.
2. Зубарев С.Л., Савицкий А.Г., Сорокин А.Г., Тихонова О.Н, 1991. Оперативное и перспективное управление стоком р. Амударья в Тюямуянском гидроузле, а также иные специальные вопросы экологии региона Приаралья // Проблемы Арала и Приаралья, САНИИРИ, Ташкент, С.114-121.

К вопросу о методике расчета элементов руслового баланса Амударьи

**Сорокин А.Г., Заитов Ш., Сорокин Д.А.,
Назарий А.М., Эргашев И.**

Балансовые расчеты БВО «Амударья» и НИЦ МКВК показывают, что после 1992 года невязки руслового баланса (разница между статьями расхода и прихода воды на участках реки) в среднем и нижнем течениях Амударьи возросли по отрицательному знаку. Для того, чтобы выделить из невязок руслового баланса Амударьи составляющую русловых потерь и руслового регулирования (и уменьшить, таким образом, невязки), в региональном информационно-аналитическом отделе НИЦ МКВК был проведен комплекс специальных исследований, направленных на:

- анализ существующих методик расчета батиметрических зависимостей – размеров речного потока (ширины, глубины, площади водной поверхности на участке реки) от его величины (расхода реки),
- уточнение морфометрических зависимостей реки Амударьи методом космического мониторинга,
- анализ существующих подходов к оценке элементов русловых балансов, выполняемых для реки Амударьи, главным образом, потерь воды,
- разработку методики расчета русловых потерь для среднего (участок от г/п Керки до г/п Дарганата) и нижнего (г/п Тюямуюн – г/п Саманбай) течений Амударьи,
- разработку методики расчета «руслового регулирования» – изменения объемов воды на участках реки в среднем и нижнем течениях,
- разработку методики расчета возвратного стока.

С целью уточнения морфометрических зависимостей реки Амударьи группой ГИС-специалистов НИЦ МКВК была проведена обработка космических снимков балансовых участков реки в ее среднем и нижнем течениях (рис. 1), получены зависимости площадей водной поверхности реки на участках и средних значений ширины потока (как отношений площадей водной поверхности к длине участка) от средних расходов воды в реке: $F = f(Q)$, $B = f(Q)$.

Для первого участка (г/п Келиф – г/п Керки) было скачено и обработано 28 снимков Landsat-8, охватывающих период с января 2017 по декабрь 2018 года, для второго участка (г/п Керки – г/п Ильчик) – 28 снимков, для третьего (г/п Ильчик – г/п Бирата/Дарганата) – 31, четвертого (г/п Тюямуюн – г/п Кипчак) – 26, пятого (г/п Кипчак – г/п Саманбай) – 37. Источник космических снимков – NASA (<http://earthexplorer.usgs.gov>). Обработка снимков велась по индексу выделения воды AWEI (Automated Water Extraction Index), позволяющего эффективно разделять водные и неводные пиксели.

Полученные морфометрические зависимости приведены в таблице 1. Наилучшая связь между расходом воды Q ($\text{м}^3/\text{с}$) и шириной потока B (км) получена для 1, 2 и 4 участков (коэффициент детерминации, характеризующий функциональную зависимость $R^2 = 0.92 \dots 0.94$), наихудшая – для пятого участка ($R^2 = 0.77$). Рекомендуется использовать полиномиальные зависимости 2-й степени, что дает лучший результат, чем аппроксимация по Лп.

Батиметрия реки (знание о размерах речного потока, зависящего от расходов воды) позволяет определять площади водной поверхности на участках реки и рассчитывать потери воды на испарение (Q_{pe}) с водной поверхности умножением площади водной поверхности на «чистое испарение» ($E - O$), мм. Испаряемость (E) рассчитывается по известным формулам в зависимости от климатических параметров, характеризующих климат на участках реки; здесь O – осадки, мм.

Таблица 1

Зависимости $B = f(Q)$, полученные при обработке космических снимков; размерность: $[B] = \text{км}$, $[Q] = \text{м}^3/\text{с}$

Участок реки Амударьи	Зависимость $B = f(Q)$	R^2
г/п Келиф – г/п Керки	$B = -6E-08Q^2 + 0.0005Q + 0.4$	0.94
г/п Керки – г/п Ильчик	$B = -5E-08Q^2 + 0.0004Q + 0.36$	0.93
г/п Ильчик – г/п Бирата/Дарганата	$B = -5E-08Q^2 + 0.0003Q + 0.26$	0.81
г/п Тюямуюн – г/п Кипчак	$B = -2E-07Q^2 + 0.0007Q + 0.18$	0.92
г/п Кипчак – г/п Саманбай	$B = -2E-07Q^2 + 0.0006Q + 0.2$	0.77

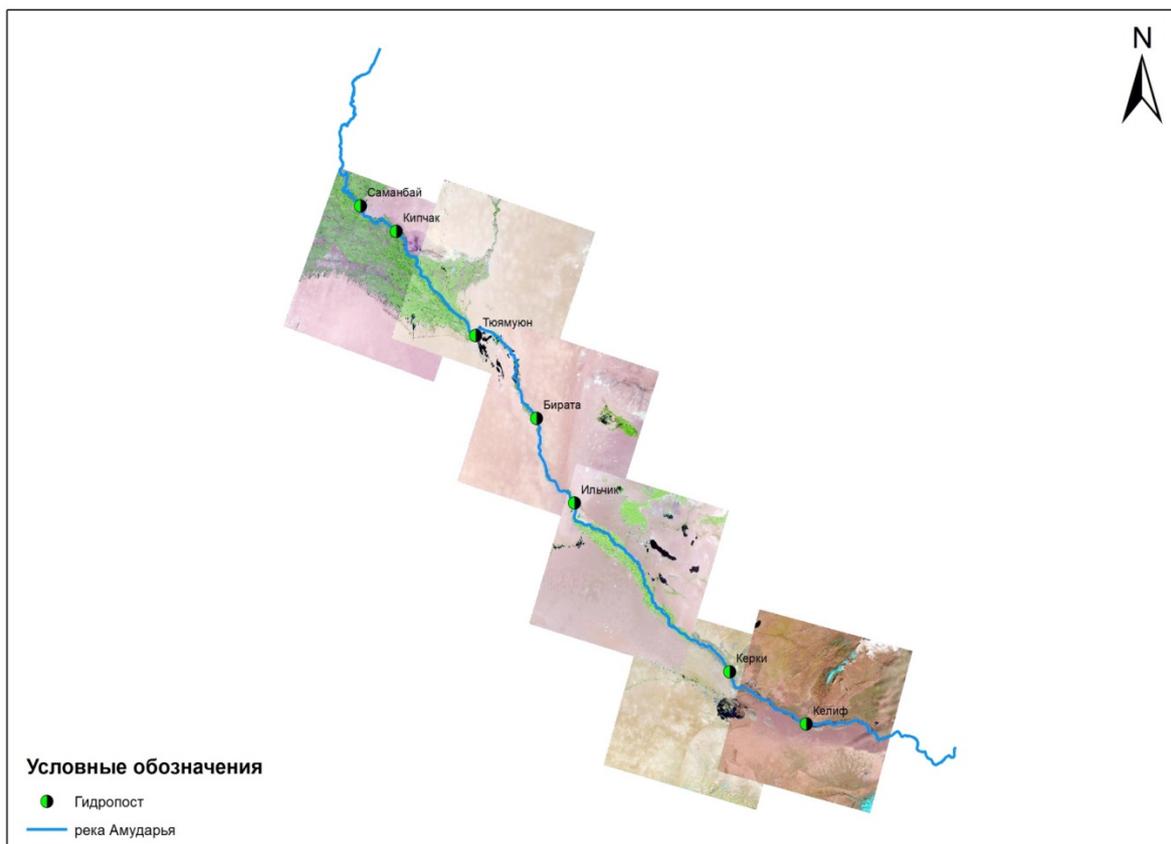


Рис 1. Схема расположения космических снимков, охватывающих реку Амударья от г/п Келиф до г/п Саманбай

Для расчета «руслового регулирования» - изменения объемов воды в русле на участке, кроме информации о зависимостях $V = f(Q)$ необходимо знать функции $h = f(Q)$, т.е. расчетные значения средних на участках глубин потока. Тогда объем воды на участке (W) можно рассчитать как произведение средней ширины (B), средней глубины (h) и длины (L) участка, т.е.:

$$W = B \times h \times L \quad (1)$$

а русловое изменение объема воды на участке реки, как разницу между объемами воды в конце и начале интервала времени « Δt » :

$$\Delta W = W(t+\Delta t) - W(t) \quad (2)$$

Здесь $W(t)$ – объем воды на участке реки длиной « L » в момент времени « t », соответствующий началу интервала « Δt ».

В качестве функции $h = f(Q)$ можно рекомендовать зависимости авторов, которые занимались исследованием морфометрии реки Амударья. При свободном формировании русла реки, не ограниченном сооружениями и др., река (поток) образует вполне определенную, устойчивую ширину (B); ее можно вычислить, зная среднюю глубину потока, и наоборот (Алтунин, 1964):

$$B^m / h = k \quad (3)$$

Где:

B – ширина реки (м),

h – средняя глубина реки (м),

m, k – некоторые переменные.

Для рек с легкоразмываемым руслом (к которым можно отнести и реку Амударью) переменная « k » находится в пределах от 8 до 12. Переменная « m » является кинематическим показателем – 0.6-0.7. К сожалению, данная зависимость не учитывают содержание в потоке руслоформирующих фракций, а значит, может давать некоторые неточности в оценке параметров потока реки Амударьи в летние месяцы. Для насыщенного потока, транспортирующего наносы в условиях среднего и нижнего течений Амударьи, расчет глубины потока « h » можно выполнять по морфометрической зависимости (Х. Исмагилов, 1982):

$$h = 0.25 \times Q^{0.33} * (f \times d)^{0.17} / (g \times I)^{0.17} \quad (4)$$

Где:

I – уклон реки,

d – средний диаметр частиц донных отложений (м),

f – коэффициент, учитывающий сопротивление размыву грунта, слагающего берега реки, для легкоразмываемого грунта $f = 0.5 - 1.0$, $g = 9.81$.

Х. Исмагилов (1982) аналогичную по структуре предложил функцию ширины речного потока $B = f(Q, I, d, f)$. Выполненное нами сравнение результатов вычисления ширины потока по $B = f(Q)$, полученной при обработке космических снимков, с результатами расчета по функции $B = f(Q, I, d, f)$, показало хорошее совпадение значений « B » для среднего течения для расходов воды выше 2500 м³/с, – расхождение 2-3 %. Для нижнего течения расчеты по функции $B = f(Q, I, d, f)$ дают отличные от

$V = f(Q)$ значения, приблизительно на 20 % превышающие $V = f(Q)$; исключение составляет расчет при расходах $< 500 \text{ м}^3/\text{с}$ – расхождение в пределах 5 %. Для расчета глубины потока, помимо функции Х. Исмагилова $h = f(Q, I, d,)$, можно использовать, полученные нами обработкой данных измерений на гидропостах, зависимости $h = f(Q, I, d, f)$ (табл. 2). Зависимости построены по данным, предоставленным БВО «Амударья».

Таблица 2

Зависимости $h = f(Q)$, полученные при обработке измерений на гидропостах; размерность: $[h] = \text{м}$, $[Q] = \text{м}^3/\text{с}$

Посты измерений на реке Амударья	Зависимости $h = f(Q)$
г/п Керки	$h = -5\text{E-}07Q^2 + 0.002Q + 2.03$
г/п Бирата/Дарганата	$h = -1\text{E-}07Q^2 + 0.0008Q + 1.29$

Согласно замерам 2021 года, средняя глубина воды в г/п Керки изменялась в октябре–марте от 2 м до 4 м, в апреле–сентябре от 3 м до 4.5 м, в г/п Дарганата – от 1.5 до 3.0 м, в г/п Тюямуюн – в октябре–марте от 1.5 до 2.9 м, в апреле–сентябре от 2.8 м до 4 м. На участке г/п Келиф – г/п Керки при изменении расхода воды $Q = 0.5 - 4.6 \text{ тыс.м}^3/\text{с}$, ширина потока изменялась в пределах $V = 0.54 - 1.53 \text{ км}$; на участке г/п Керки – г/п Бирата (Дарганата) – при $Q = 0.1 - 3.2 \text{ тыс.м}^3/\text{с}$, $V = 0.18 - 1.29 \text{ км}$; на участке г/п Тюямуюн - г/п Саманбай – при $Q = 0.05 - 1.9 \text{ тыс.м}^3/\text{с}$, $V = 0.17 - 1.08 \text{ км}$.

Возвратный сток в Амударью мы предлагаем рассчитывать по зависимостям расходов коллекторов ($Q_c, \text{ м}^3/\text{с}$), сбрасываемым с крупных орошаемых массивов в функции от расходов водозабора в каналы ($Q, \text{ м}^3/\text{с}$) из Амударьи, поступающие в эти массивы. Данный эмпирический подход, конечно, не раскрывает всю схему водных потоков (поскольку в формировании коллекторного стока орошаемых массивов участвуют не только водные ресурсы Амударьи, но и местные ресурсы, а в Амударью сбрасывается только часть сформированного коллекторного стока), но дает вполне приемлемые результаты по линейным зависимостям (R^2 около 0.85) (табл. 3).

Зависимости $Q_c = f(Q)$, полученные при обработке данных БВО «Амударья» А. Назарий; размерность: m^3/c

Орошаемые массивы	Зависимости $h = f(Q)$
Каршинский	$Q_c = 0.04Q + 11.8$
Бухарский (октябрь-март)	$Q_c = 0.34Q + 5.0$
Бухарский (апрель-сентябрь)	$Q_c = 0.22Q - 10.0$
Лебап (октябрь-март)	$Q_c = 0.49Q + 3.8$
Лебап (апрель-сентябрь)	$Q_c = 0.43Q + 27.4$

Если подставить рассмотренные выше элементы руслового баланса (потери на испарение с водной поверхности реки, возвратный сток в реку, изменение объема воды в реке) в балансовые уравнения для среднего и нижнего течения Амударьи, и решить их (совместно с данными по водозабору, а также расходам воды в начале и конце участка) для вегетационного периода (апрель–сентябрь), то мы получим, как правило, отрицательные невязки, указывающие на неучтенные потери воды из реки, которые значительно превышают величину допустимых ошибок измерения стока. Одно из возможных объяснений появления таких невязок – наличие в реке фильтрационных потоков (потерь), которые при анализе фактического руслового баланса Амударьи не учитываются.

Гипотеза о наличии фильтрационных потерь из реки Амударья впервые была поставлена В.И. Куниным (1947) и А.К. Проскуряковым (1953) и в дальнейшем подтверждена Ю.Н. Ивановым (1971), а также исследованиями САНИИРИ (Каюмов, 1990), (Сорокин, 1990). По условиям формирования фильтрационного потока среднее течение реки Амударьи можно разделить на два участка: первый – от г/п Керки до г/п Ильчик и второй – от г/п Ильчик до г/п Бирата (Дарганата). На первом участке существует фильтрационный поток из реки в направлении левого берега и движение фильтрационного потока в виде подруслового потока реки, который на этом участке формируется; боковое растекание фильтрационного потока в сторону правого берега предотвращается потоком грунтовых вод, образующихся на орошаемой зоне правобережной территории и движущихся по уклону в сторону реки. Второй участок среднего течения реки Амударья представляет собой зону выклинивания подруслового потока, чему способствуют узкая долина и малопроницаемые коренные породы; расход вы-

клинивания на втором участке, очевидно, составляет часть фильтрационных потерь первого участка. В нижнем течении (третий участок – от г/п Тюямуюн до г/п Саманбай) формируется фильтрационный поток из реки в грунтовые воды.

Специальные исследования и опыт эксплуатации оросительных систем, питающихся мутной амударьинской водой, показывает, что после пропуска мутной воды потери на фильтрацию из каналов уменьшаются в два-три раза: (Бекимбетов, 1976; Джаманкараев, Бузунов, 1979). Уменьшение потерь воды объясняется образованием при пропуске мутной воды кольматационной пленки из мелких илистых частиц. В русле реки Амударьи образование кольматационной пленки возможно только на отдельных участках с малыми скоростями течения. Однако, подтверждаемое рядом натурных исследований, образование в приданной области вязкого потока из воды с высокой мутностью может повлиять на процесс фильтрации. Учет этого влияния возможен по эмпирической зависимости, где коэффициент фильтрации зависит от коэффициента фильтрации при осветленной воде (K_{ϕ_0}) и мутности потока (R^m)Ж

$$K_{\phi} = K_{\phi_0} \times R^m \quad (5)$$

Основываясь на данной гипотезе для части среднего течения реки (участок г/п Керки – г/п Ильчик) была предложена следующая функция фильтрационного расхода:

$$Q_{\phi} = K_{\phi_0} \times L \times B \times Q^n \times R^m \quad (6)$$

Где:

n , m – коэффициенты, которые определяются опытным путем в результате численных экспериментов, минимизирующих невязки русловых балансов на участках реки.

Таким образом, был применен эмпирический подход, основанный на поиске зависимости фильтрационного потока от коэффициента фильтрации (K_{ϕ_0}), ширины водного потока (B), длины участка (L), расхода воды (Q) и мутности потока (R). Данная зависимость выводится из закона Дарси:

$$Q_{\phi} = K_{\phi} \times F_{\phi} \times I_{\phi} \quad (7)$$

в предположении, что градиент является функцией расхода воды $I_{\phi} = f(Q)$, а площадь фильтрации определяется произведением:

$$F_{\phi} = L \times B \quad (8)$$

Для участка реки г/п Ильчик – г/п Бирата (Дарганата) данный подход не приемлем, поскольку на этом участке происходит выклинивание подруслового потока в русло реки (обратная фильтрация), величина которого может быть связана с потерями на фильтрацию на вышележащих участках реки, где формируется подрусловой поток:

$$Q_{\text{фпр}(i)} = L \times B \times Q_{\text{ф}(i-1)}^p \quad (9)$$

Где:

$Q_{\text{фпр}(i)}$ – расход выклинивания подруслового потока в русло реки на i -м участке (приток в русло),

$Q_{\text{ф}(i-1)}$ – фильтрационные потери на вышележащем $(i-1)$ -м участке,

p - коэффициент, которые определяется опытным путем. Для расчета фильтрационного потока нижнего течения была предложена аналогичная (6) расчетная зависимость.

Вышеизложенная гипотеза формирования фильтрационных потерь реки Амударья в ее среднем и нижнем течениях была предложена и исследована еще в начале 1990-х годов (Сорокин, 1990), но не была реализована в виде рабочего расчетного инструмента и не внедрена в практику составления русловых балансов БВО «Амударья», хотя и предлагалась этой организации.

В данной работе расчеты в нижнем течении реки (участок г/п Тюямуюн – г/п Саманбай) были выполнены на данных двух временных периодов: 1970-1979 гг. и 1980-1988 гг. Периоды отличаются тем, что в первый из них по реке проходил мутный поток, о чем свидетельствуют сравнительно небольшие фильтрационные потери (1.3–2.9 км³/год); во второй период (когда в эксплуатацию ввели Тюямуюнский гидроузел), по причине начала процесса заиления Руслового водохранилища, по реке ниже ТМГУ проходил частично осветленный поток, о чем свидетельствует увеличение фильтрационных потерь (2.5–4.3 км³/год). Фильтрационные потери за счет уменьшения мутности потока в реке в среднем увеличились на 1.3 км³/год (в 1.7 раз). Таким образом, данные расчеты показывают эффективность рекомендуемых промывок Руслового водохранилища ТМГУ, благодаря которым речной поток в низовьях реки повышает мутность воды и тем самым снижает фильтрационные потери.

В региональном информационно-аналитическом отделе НИЦ МКВК результаты данных исследований были обработаны, что позволило получить зависимости фильтрационных потоков на трех характерных участках реки Амударья (рис. 2-4).

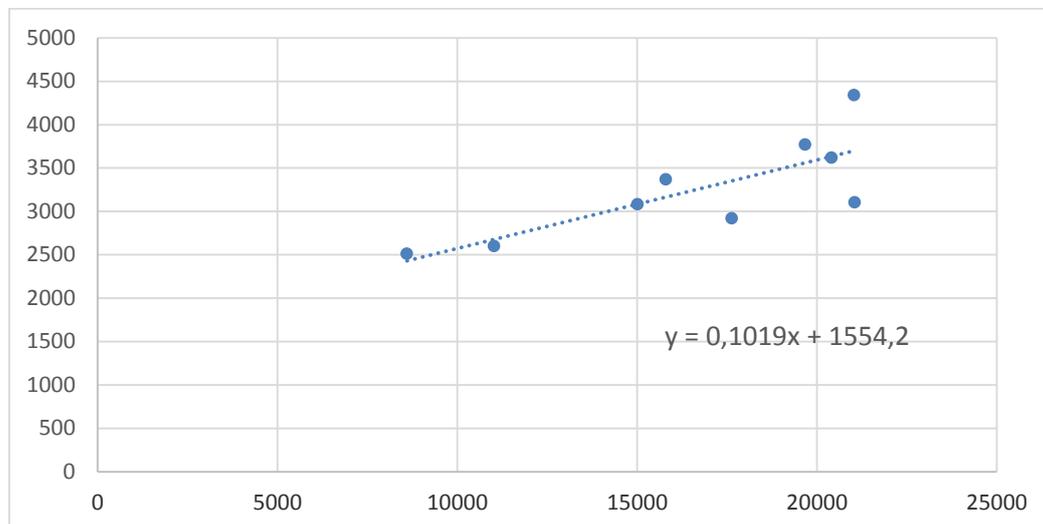


Рис. 2. Зависимость годовых объемов фильтрации из р. Амударья от среднего годового стока на участке г/п Тюямуюн – г/п Саманбай, млн.м³ (обработка данных моделирования 1980-1988 гг.)

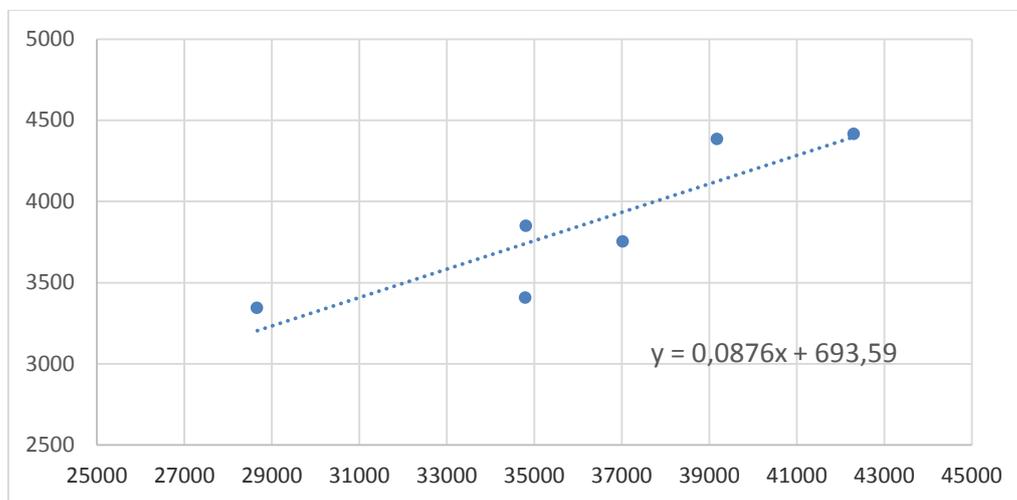


Рис. 3. Зависимость годовых объемов фильтрации из р. Амударья от среднего годового стока на участке г/п Керки – г/п Ильчик, млн.м³

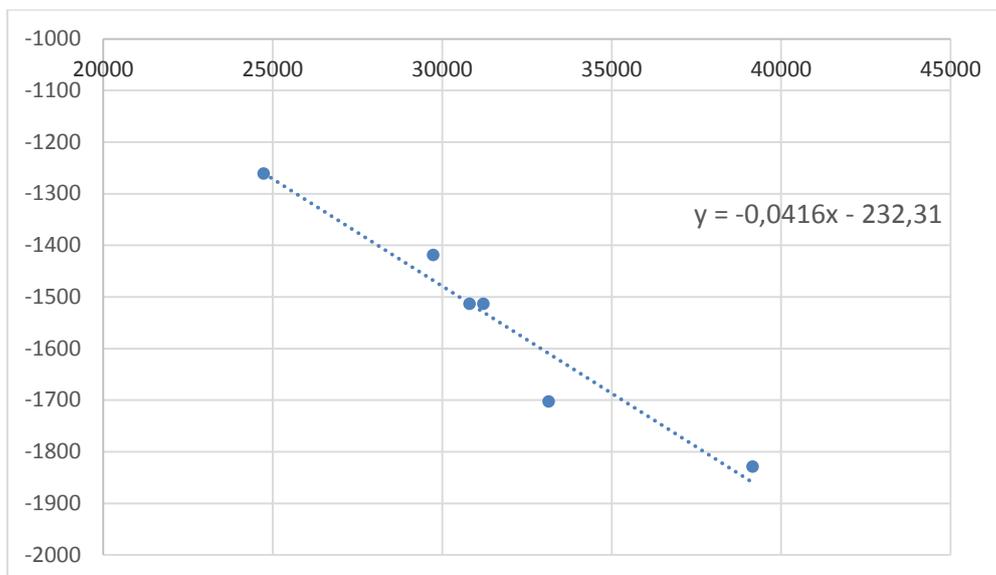


Рис. 4. Зависимость годовых объемов выклинивания подруслового стока в реку Амударью от среднего годового стока на участке г/п Ильчик –г/п Дарганата, млн.м³ (обработка данных моделирования 1979-1985 гг.)

Согласно оценке НИЦ МКВК, годовые потери на испарение с водной поверхности реки Амударья изменяются от 1.5 км³ в маловодные годы до 2.5 км³ в многоводные. Фильтрационные потери в среднем течении могут изменяться в пределах 1.0–1.9 км³, а в низовьях – 2.5–3.6 км³. Таким образом, суммарные потери на испарение и фильтрацию составляют 5–8 км³, в среднем 6.5 км³. Если учесть, что потери в водохранилищах ТМГУ оцениваются в среднем в 1.2 км³, общие потери ниже г/п Келиф в среднем составят 7.7 км³ (12 % от среднего стока малого бассейна Амударьи за 2015–2021 гг.), а максимальные – 9.5 км³ (14 % от стока многоводного года).

Литература

1. Алтунин С.Т. Водозаборные узлы и водохранилища, 1964.
2. Кунин В.И. Происхождение подземных вод Кара-Кумов. Известия ВГО. Том 79, вып. 1. 1947.
3. Проскуряков А.К.. Водный баланс р. Амударьи на участке от г. Керки до г. Нукус. Гидрометеоиздат, 1953.
4. Иванов Ю.Н. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 14. Средняя Азия, вып. 3. Бассейн Амударьи. Л: Гидрометеоиздат. 1971.
5. Бежимбетов Н.Б. Производственные исследования режима работы каналов в связи с вводом в эксплуатацию Тахиаташского гидроузла и разработка мероприя-

тий по улучшению их эксплуатации. Нукус. 1976.

6. Джаманкараев С.Д., Бузунов И.А. Русловые деформации при эксплуатации оросительных систем в низовьях Амударьи. Нукус. 1979.

7. Исмагилов Х. Сел ва ундан сакланиш, Т, Мехнат, 1982

8. Каюмов О.А. Рекомендации по управлению водно-солевым, наносным и уровенным режимами р. Амударьи и водохранилищ Тюямуонского гидроузла, НПО САНИИРИ, 1990.

9. Сорокин А.Г. Отчет о НИР «Разработать и внедрить мероприятия по повышению эффективности регулирования стока Тюямуонским гидроузлом в интересах ирригации и водоснабжения населения низовьев Амударьи», НПО САНИИРИ, 1990.

Научно-информационный центр МКВК
Республика Узбекистан, 100 187, г. Ташкент, Карасу-4, 11А

sic.icwc-aral.uz

Компьютерная верстка
Беглов И.Ф.