



## Использование водных ресурсов узбекистанского сегмента бассейна реки Зарафшан: аналитический обзор

Хайдаров А. Р.

Казахстанско-Немецкий университет, Казахстан, 050010, Алматы, , ул. Пушкина, 111.

для корреспонденции: [khaydarov.aziz@inbox.ru](mailto:khaydarov.aziz@inbox.ru)

МРНТИ 70.01.11

doi: 10.29258/CAJWR/2020-R1.v6-2/48-64.rus

Подана в редакцию: 23 июля 2020; Подана после редактирования: 19 октября 2020; Принятие к публикации: 15 декабря 2020; Доступ онлайн: 29 декабря 2020.

### Аннотация

*Река Зарафшан является одним из основных источников водоснабжения для различных отраслей народного хозяйства Узбекистана.*

*Цель данной статьи – анализ использования водных ресурсов в бассейне р. Зарафшан. Задачами являются: расчет количества воды, которую можно будет сэкономить при внедрении водосберегающих технологий в системе ирригации; проверка гипотезы возможности восстановления стока р. Зарафшан в качестве притока р. Амударья, как это было в древности; а также рассмотрение опыта развитых стран по закачке сточных вод в глубокие водоносные слои и возможность внедрения этого опыта в Узбекистане.*

*Измерение расстояния от р. Зарафшан до р. Амударья проводилось при помощи карты, и выяснилось, что на сегодняшний день расстояние составляет 127 км. При внедрении водосберегающих технологий возможно сэкономить достаточно воды и вычислить объём, который необходим для восстановления стока. Результаты показали, что сэкономленной воды хватит на восстановление стока и на освоение новых орошаемых земель.*

*По итогам исследования выяснилось, что гипотеза о восстановлении стока подтверждается и можно не только восстановить сток до р. Амударья, что позволит увеличить объём воды в реке, но также сэкономленную воду можно применять для орошения новых земель. Полученные орошаемые территории могут быть использованы для выращивания садов и виноградников.*

**Ключевые слова:** река Зарафшан, река Амударья, водопотребление, капельное орошение, закачка сточных вод, карта, ирригация.

### 1. Введение

Являясь природным ресурсом, бассейн Аральского моря предоставляет материальные услуги и выгоды для людей: сырьевые, продовольственные, энергетические, ресурсы дикой природы, питьевую воду, воздух, материальные блага, и поэтому здоровье человека напрямую зависит от функций, услуг и состояния экосистем. Основной механизм определения состояния экосистем – это

биогеохимический цикл, который включает биогеохимические потоки в системе: воздух – суша – гидрографическая сеть – долины рек – Аральское море [Ходжаев, Ташханова, 2016].

Одной из нерешенных проблем является чрезмерное использование водных ресурсов и сброс сточных вод в коллекторные и дренажные каналы, что является источником накопления солей и загрязнения воды [Якубов, 2011].

С древних времен так сложилось, что забор подземных вод осуществлялся с использованием воды из неглубоких безнапорных водоносных горизонтов, выкачиваемых кяризами и скважинами, а также при помощи тягового усилия животных. В XX в. началась разработка более глубоких артезианских водоносных горизонтов для бытового и муниципального водоснабжения с использованием новых технологий бурения скважин [Френкен, 2013, с. 109].

Основным стратегическим ресурсом в странах Средней Азии постепенно становится вода. Это обусловлено относительным постоянством стока рек в бассейне Аральского моря и стремительно возрастающей численностью населения. За последние 75 лет количество воды на одного человека снизилось в этом регионе в 4,6 раза. Учитывая, что главным потребителем воды является сельское хозяйство, предстоит решить вопрос о том, какое количество воды можно сэкономить при внедрении водосберегающих технологий в сельском хозяйстве и систем оборотного водоснабжения в промышленности.

В средние века р. Зарафшан была притоком р. Амударья. На сегодняшний день проблема заключается в том, что воды р. Амударья не достигают Аральского моря [Бологов, 2014], но (так как р. Зарафшан в древности являлась притоком Амударьи), если восстановить сток р. Зарафшан до р. Амударья, то, возможно, больше объёма воды будет достигать Аральского моря. Поэтому вопрос состоит в том, возможно ли восстановление стока р. Зарафшан до Амударьи. Исследовательская задача статьи заключается в том, чтобы проверить гипотезу о возможности восстановления стока р. Зарафшан как притока р. Амударья (как это было в древности), чтобы увеличить водность р. Амударья и тем самым повлиять на улучшение ситуации в бассейне Аральского моря, путём внедрения водосберегающих технологий, а также расчёта расстояния от устья р. Зарафшан до Амударьи.

## **2. Район исследований**

### *2.1. Общие сведения*

Река Зарафшан на территории Узбекистана пересекает Самаркандскую, Навоийскую и Бухарскую области (Рис. 1.).

Так как некоторые районы соседних областей (Касан, Мубарек, Джизак) также используют воды р. Зарафшан, следует упомянуть границы областей, через которые протекает р. Зарафшан. Самаркандская область находится в бассейне р. Зарафшан, в

центральной части Узбекистана. На севере имеет границы с Нуратинским районом Навоийской области, на северо-западе – с Хатырчинском и Карманским районами Навоийской области, на западе граничит с Кызылтепинским районом Навоийской области, на юге имеет границы с Кашкадарьинской областью, в частности с Касанским, Мубарекским, Китабским и Чиракчинским районами, на востоке с районом Пенджикент Согдийской области Республики Таджикистан, в северо-восточных имеет границы с Джизакской областью (Бахмальский, Галляаральский и Фаришский районы). Некоторые районы соседних областей (Касан, Мубарек, Джизак) также используют воду р. Зарафшан [Кулматов и др., 2014].

Кызылкумское плато занимает северо-западную часть области, Нуратинские горные хребты простираются на восток, а южная часть области граничит с р. Зарафшан.



**Рисунок 1.** Карта бассейна р. Зарафшан

## 2.2. Климат

Так как питание р. Зарафшан осуществляется в основном за счет атмосферных осадков и таяния ледников, что, в свою очередь, зависит от климатических особенностей, следует указать основные климатические характеристики региона. Географически Узбекистан расположен во внутренней части Евразийского континента,

вдали от океанов и морей, что определяет резкую континентальность климата, которая проявляется в большей части года в высоких летних температурах, малом количестве осадков, высоком испарении влаги, долгом и знойном лете; в больших суточных и годовых амплитудах температуры воздуха, а также относительно холодной зиме для этих широт. Эти особенности климата Узбекистана формировались вследствие удалённости от морей и океанов.

Климат республики определяется ее географическим положением (в умеренном южном и субтропическом поясах на севере), силой солнечной радиации, циркуляцией воздуха и рельефом местности. Циркуляция воздуха играет важную роль в формировании климата Узбекистана, что, в свою очередь, влияет на формирование снежного покрова. Зимой арктические холодные воздушные массы проникают на территорию Узбекистана с севера и северо-востока, достигая южных границ республики. В результате погода бывает ясной и холодной. Зимой над территорией Узбекистана формируются воздушные фронты и циклоны из умеренных широт, выпадают осадки в виде дождя и снега. Летом равнинная часть страны образует локальную Туранскую тропическую воздушную массу. Воздух насыщается мелкой пылью, становится сухим и горячим. Здесь создается зона низкого давления, способствующая проникновению теплого и влажного воздуха с северо-запада и запада. Однако этот воздух быстро нагревается, и осадков не выпадает. Такие горячие воздушные массы замерзают в горах в восточной части страны, в результате чего осадки попадают в предгорья и долины [Прохоров, 1997].

Распределение температуры. Чтобы получить представление о распределении тепла в Узбекистане, важно знать среднегодовые температуры воздуха в разных точках. В Нукусе среднегодовая температура воздуха составляет  $+10,8^{\circ}\text{C}$ , в Ташкенте  $+11,9^{\circ}\text{C}$ , в Термезе  $+17,0^{\circ}\text{C}$ . Лето в Узбекистане сухое и жаркое, средняя температура в низменной части в июле составляет  $+26^{\circ}\text{C}$ ...  $+30^{\circ}\text{C}$  и повышается до  $+31^{\circ}\text{C}$ , на юге до  $+32^{\circ}\text{C}$  [Прохоров, 1997].

Климат Самарканда – субтропический внутриконтинентальный, с чётко выраженной сезонностью. В зимний период могут отмечаться непродолжительные (4–8 дней) периоды морозов (с ночной температурой до  $-12^{\circ}\text{C}$ , редко до  $-20^{\circ}\text{C}$ ). Также всю зиму наблюдаются оттепели, когда температура с  $-5^{\circ}\text{C}$  поднимается до  $+6^{\circ}\text{C}$ , часто и выше, иногда достигая значений в  $+12$ ...  $+15^{\circ}\text{C}$ . Переходные сезоны короткие. Летние температуры регистрируются уже в конце марта. Летом дневная температура выше  $+20^{\circ}\text{C}$  и среднесуточная выше  $+15^{\circ}\text{C}$ . Лето длится со второй половины апреля до середины октября. В июне и июле дневная температура часто превышает 40-градусную отметку [Прохоров, 1997].

Климат Навои – сухой резко континентальный с чётко выраженной сезонностью. Летом температура иногда достигает  $+54^{\circ}\text{C}$ , зимой опускается до  $-18^{\circ}\text{C}$ . Зима в среднем длится с середины ноября до первой половины марта. В период зимы отмечаются кратковременные морозы (с ночной температурой до  $-12^{\circ}\text{C}$ , редко до

–18 °С). В основном, летние температуры регистрируются в середине и конце марта, в апреле. В июне и июле дневная температура превышать 46-градусную отметку [Прохоров, 1997].

Климат Бухары находится под влиянием местного семиаридного климата. Осадков выпадает мало (156 мм/год). Это место классифицируется как BSk по Кеппен-Гейгеру. Средняя температура воздуха в Бухаре составляет 15 °С. Наименьшее количество осадков выпадает в июле. В среднем в этом месяце составляет 0 мм. В марте количество осадков достигает своего пика, в среднем 33 мм. Температуры являются самыми высокими в среднем в июле, на отметке 28,8 °С. В 0,8 °С в среднем, январь является самым холодным месяцем года [Портал климатических данных].

Осадки выпадают преимущественно в зимне-весенний период. Ежегодное количество осадков на равнине составляет 80–200 мм, в предгорьях – 300–400 мм, на западных и юго-западных склонах горных хребтов достигает 600–800 мм. На территории Узбекистана выделяют пять природных экосистем: пустынные экосистемы равнин; предгорные полупустыни и степи; речные и прибрежные экосистемы; водно-болотные экосистемы и дельты; горные экосистемы. Пустынные экосистемы равнин занимают наибольшую площадь (70 % территории республики). Исследуемая территория относится к речным и прибрежным экосистемам, а также к пустынным экосистемам равнин. Естественные пастбища занимают 50,1 % общей площади земель, орошаемые земли – 9,7 %; что характерно для всех типов орошаемых почв – это высокая соленость и низкое содержание гумуса.

По климатическим показателям выделяют три основные климатические зоны: зону пустынь и сухих степей, зону предгорья и гор [Чуб, 2007].

На равнинах Узбекистана ежегодное испарение в несколько раз превышает количество осадков (в Ташкенте – в 3,5 раза, в Нукусе – в 27 раз). Ветер очень сильный. На территории Узбекистана господствуют северо-западные, а также западные ветры. В северной части Узбекистана дуют северо-западные, северные и северо-восточные ветры. Юго-западные ветры дуют также в южной части республики [Чуб, 2007].

### **3. Объект и метод исследования**

#### *3.1. Объект исследования*

Зарафшан – река, которая протекает в таких странах как Таджикистан и Узбекистан. В древние времена это был приток р. Амударья, но теперь река не достигает её и делится на ветви в оазисе Каракуль. С помощью р. Зарафшан орошаются земли с богатым и культурным наследием [Кулматов и др., 2014].

Река Зарафшан берет начало в Таджикистане от ледника Зарафшан, у слияния горы Коксу на пересечении хребтов Туркестан и Зарафшан, на высоте около 2800 м. Длина реки составляет более 870 км. Самое большое водопотребление приходится на июль (250–690 м<sup>3</sup>/с), самое низкое – в марте (28–60 м<sup>3</sup>/с) [Кулматов и др., 2014].

Нынешняя длина реки составляет 877 км [Прохоров, 1972], из которых 803 км [Мухамеджанов, 1978] – расстояние до Каракульского оазиса, где Зарафшан делится на ветви. Общая площадь бассейна 41 860 км<sup>2</sup>, из которых 17 710 км<sup>2</sup> составляют горную часть, образующую сток. Среднегодовой расход ниже устья р. Магиандарья – 162 м<sup>3</sup>/с, наибольший среднегодовой расход, который наблюдался в 1973 г., составил 201 м<sup>3</sup>/с, наименьший в 1957 г. – 112 м<sup>3</sup>/с. Река имеет годовой максимум расхода воды в июле (250–690 м<sup>3</sup>/с), наименьший показатель в марте (28–60 м<sup>3</sup>/с). 31 января 1928 г. был зафиксирован абсолютный минимальный расход воды (24 м<sup>3</sup>/с), а абсолютный максимум (996 м<sup>3</sup>/с) был зафиксирован 31 мая 1964 г. [Аминов и др., 2003; Прохоров, 1972]. Среднегодовой расход на гидростанции Раватходжа (станция D5) вблизи таджикско-узбекской границы достигает своего предела 157,9 м<sup>3</sup>/с и характеризуется динамикой сплошного расхода [Groll et al., 2013].

Для эффективного использования вод р. Зарафшан был построен ряд гидроузлов и такие водохранилища как Каттакурганское и Куйимазарское [Аминов и др., 2003]. Зарафшан связан с р. Кашкадарья через канал Эскианхор [Аминов и др., 2003] и через канал Искитюяртартар – с рекой Санзар [Аминов и др., 2003].

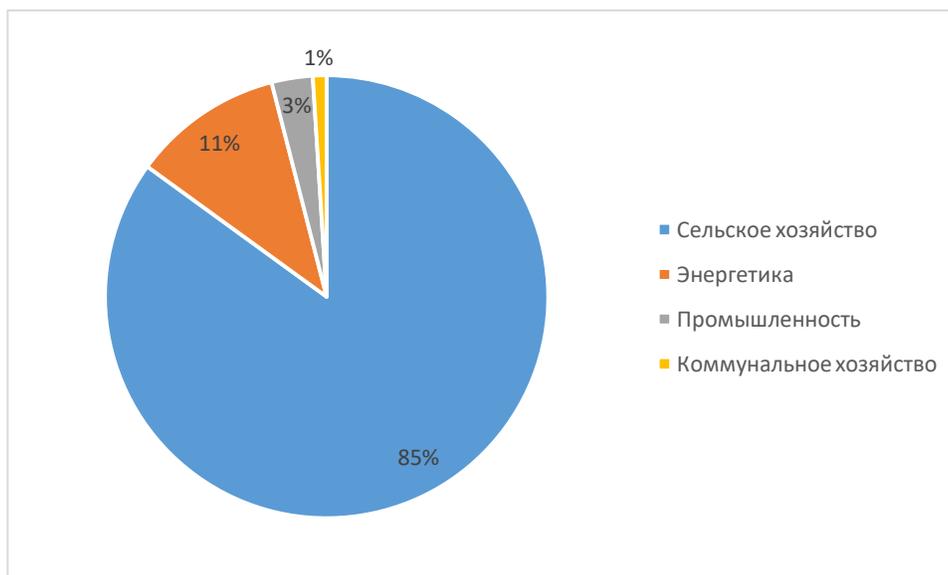
В оазисе Каракуль Зарафшан был разделен на несколько маленьких ветвей: Тайкыр, Гурдюш, Сарыбазар, Уйгур, которые в процессе хозяйственной деятельности преобразовались каналами [Аминов и др., 2003]. Распределение воды в Зарафшане по каналам раньше происходило в основном в 3 км от города Каракуль, а каналы Тайкыр и Сарыбазар были сформированы из основного раздела [Аминов и др., 2003]. Бывшие ветви Зарафшана были связаны с ним как отводы после проведения Аму-Каракульского канала. В настоящее время они питаются в основном водой из Амударьи, хотя возможность получения воды из Зарафшана остается [Аминов и др., 2003].

### *3.2. Качество подземных вод*

Анализ данных о качестве подземных вод, проведенный Институтом гидрогеологии в регионах Самарканда, Навои и Бухары для бассейна реки Зарафшан, выявил следующую ситуацию: в Самаркандской области минерализация подземных вод колеблется от 0,118 до 1,032 г/л, т.е. вода подходит для снабжения населения региона питьевой водой; в Навоийской области качество подземных вод не подходит для питья из-за высокой минерализации; самая высокая соленость воды наблюдается у хвостохранилища ГМЗ-1 (Гидрометаллургический завод) и осадочного слоя АО «Навоиазот», где соленость воды достигает 4 ПДК (предельно допустимой концентрации); соленость подземных вод достигает 4,2 ПДК на территории Бухарской области. Химический состав воды в основном сульфатно-хлоридный, что не подходит для питьевого водоснабжения по показателям общей минерализации и жесткости [Кулматов, 2014].

### *3.3. Использование водных ресурсов реки*

Узбекистан использует более 95 % воды реки. Объем речной воды, которая забирается в Таджикистане, составляет в среднем около 5-6 % [Кулматов и др., 2014]. Вода реки преимущественно используется для сельского хозяйства, коммунального хозяйства, энергетики и промышленности (рис. 2).



**Рисунок 2.** Водопользование по отраслям в бассейне р. Зарафшан [Кулматов и др., 2014]

Общая площадь орошаемых земель Зарафшанской долины, без учета орошаемых земель Республики Таджикистан, составляет 559,6 тыс. га [Абдураимов, 2017]. Из них на Самаркандскую область приходится 67 %. Данный показатель для Навоийской области составляет 16 %, для Джизакской – 8,6 % и Кашкадарьинской – 8,4 % [Абдураимов, 2017].

Основными посевными культурами в Зарафшанской долине являются хлопчатник, зерновые и овощи. Несмотря на плодородие земель, хлопок все еще требует много воды. Хлопок потребляет в среднем 600–700 кг воды для созревания на килограмм сухой массы растений, включая плодовые органы. [Маматов, 1992]. В сельском хозяйстве занято около 42 % от общего количества работоспособного населения долины. В Зарафшанской долине существует значительное несоответствие между спросом и предложением водоподачи. Начало р. Зарафшан находится в Таджикистане, а основная площадь орошаемых земель расположена в Узбекистане. Сток реки на территории Узбекистана распределяется Министерством сельского и водного хозяйства. В процентном отношении это составляет: для Самаркандской области 70,2 %, при орошаемой площади долины 67 %; для Навоийской области – 16 % орошаемых земель с объемом водоподачи 13,1 % от общего количества; Джизакской –

7,4 % воды на 8,6 % площади и Кашкадарьинской – 9,3 % воды на 7,8 % площади соответственно [Абдураимов, 2017].

Фактический объем используемой воды в верхних частях долины может достигать намного больше, чем предусмотрено лимитом, а в нижних частях долины значительно меньше установленного лимита [Абдураимов, 2017].

В Самаркандской области использование речной воды для орошения в течение одного года составляет 2,4–2,5 км<sup>3</sup>. По данным Министерства водных ресурсов и сельского хозяйства, объем коллекторно-дренажных и сточных сбросов в 2002 г. составил 1,23 км<sup>3</sup>; в 2003 году – 1,46 км<sup>3</sup>; а в 2004 г. это было 1,50 км<sup>3</sup>. [Kulmatov et al., 2013]. Сточные воды промышленности (отходы и т. д.), которые предназначены для закачки в подземные пласты, обычно содержат растворенные минеральные вещества и соли, органические соединения, механические примеси и патогенные организмы (бактерии).

В среднем, количество используемой воды в год составляет 2–4 км<sup>3</sup> в год. В разрезе регионов это выглядит следующим образом: общее количество воды, используемой для орошения в Навоийской области в период 2002–2005 гг. изменилось с 1,67 км<sup>3</sup> до 1,88 км<sup>3</sup>, в то время как расход воды в коллекторе изменился с 0,75 км<sup>3</sup> до 0,88 км<sup>3</sup> [Kulmatov et al., 2013].

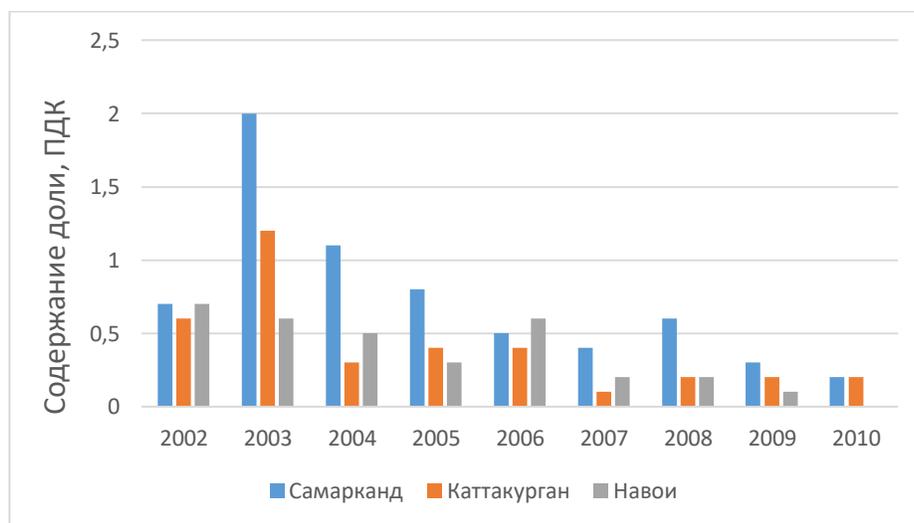
В Кашкадарьинской области в последние годы водозабор из бассейновых рек составлял 4,2–4,5 км<sup>3</sup>. В связи с недостатком водных ресурсов в период орошения был построен канал Эскианхор (1955 г.), который берет воду из Даргомского канала (бассейна р. Зарафшан) и подаёт его в р. Кашкадарья через Чимкурганское водохранилище [Чембарисов и др., 2018]. Учитывая, что доля воды из бассейна р. Зарафшан в Кашкадарьинской области составляет 8,4 %, то Кашкадарья забирает из бассейна 0,38 км<sup>3</sup> воды.

В Джизакской области вода из р. Зарафшан поступает через канал Санзар, расход которого 4 м<sup>3</sup>/сек, что составляет 14 400 м<sup>3</sup>/час [Аминов и др., 2003]. В итоге получается, что Джизакская область использует воду из р. Зарафшан – 0,13 км<sup>3</sup>/год. Если суммировать полученные результаты, то становится очевидно, что из р. Зарафшан потребляется в среднем в год 4–5 км<sup>3</sup> воды.

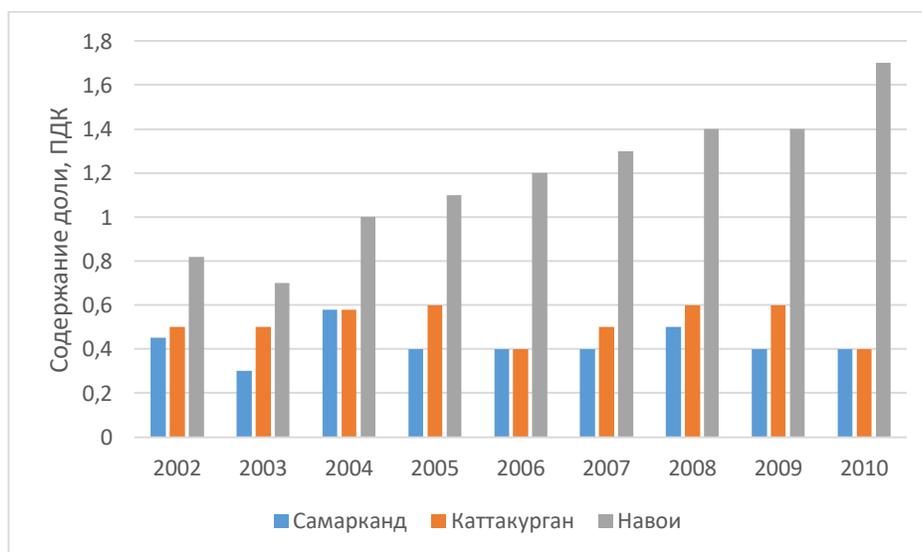
### *3.4. Качество поверхностных вод*

При аналитическом обзоре использования воды р. Зарафшан необходимо также рассмотреть и динамику загрязнения, так как она влияет на качество воды в реке. Динамика загрязнения воды по руслу р. Зарафшан нефтепродуктами показана на рисунке 3. За наблюдаемое время уровень загрязнения нефтью воды р. Зарафшан был низким. Уровень фенола в пробах, отобранных ниже города Самарканд, был в 1,2–2 раза выше, чем ПДК. В целом загрязнение речной воды нефтепродуктами относительно низкое. Многолетние данные по изменению минерализации воды р. Зарафшан

представлены на рисунке 4. Наблюдается постоянный рост минерализации по руслу реки за исследованный период – от 1,0 до 1,7 ПДК. Максимальная минерализация характерна для створа ниже г. Навои (1,7 ПДК) [Кулматов и др., 2014]. Химические реакции, которые происходят, когда закачиваемая вода (отход) взаимодействует с водоносным горизонтом, становятся причинами выпадения осадков, выделения тепла, газов и т. д., что в сочетании с ростом бактерий может вызвать поглощение части скважины и снижение ее пропускной способности [Гольдберг, 1994].



**Рисунок 3.** Динамика загрязнения воды по руслу р. Зарафшан нефтепродуктами [Кулматов и др., 2014]

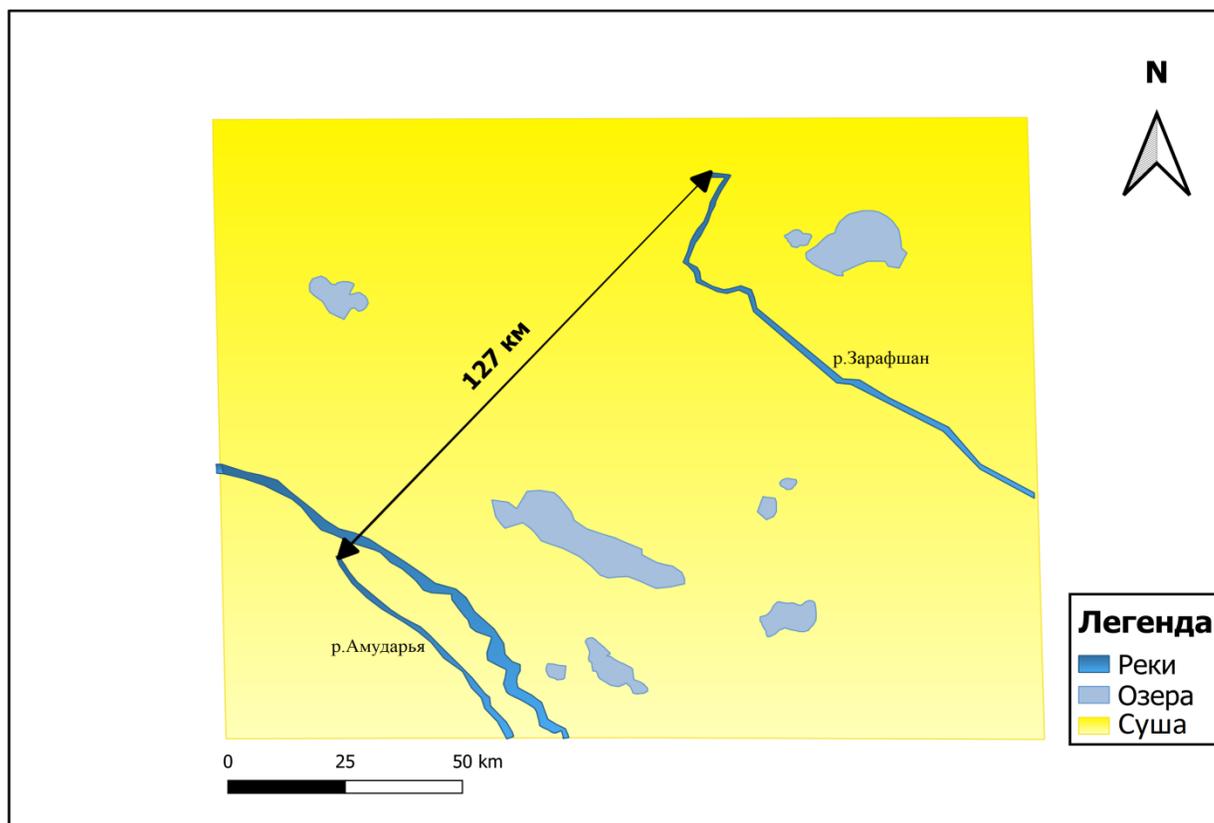


**Рисунок 4.** Динамика изменения минерализации воды р. Зарафшан [Кулматов и др., 2014]

### 3.5. Методология исследования

Для исследования был выбран метод аналитической обработки с применением формул. Интерактивная аналитическая обработка – технология обработки данных, заключающаяся в подготовке суммарной (агрегированной) информации на основе больших массивов данных, структурированных по многомерному принципу. Реализации технологии являются компонентами программных решений класса Business Intelligence [IT Term Definitions, 2011]. Анализ проводился путем измерений расстояния от устья р. Зарафшан до р. Амударья с помощью карт (рис. 5). Кроме того, был приведён объем воды, используемой для сельского хозяйства каждой из областей, а также вычислен суммарный объем воды, который можно будет сэкономить при внедрении капельного орошения. Сделан расчет для вычисления ширины русла канала, который потребуется для проведения сэкономленной воды до р. Амударья. А также выполнен расчет (на случай если гипотеза доведения Зарафшана до Амударьи не подтвердится) для вычисления площади садов, которые можно будет оросить с использованием воды, сохраненной после внедрения капельного орошения.

Карты также обычно используются для нахождения пространственной информации. Можно будет определить расстояние от Зарафшана до Амударьи путем измерений на карте (была выбрана именно эта модель вычисления расстояния, так как на сегодняшний день не имеется литературы, в которой дана информация о расстоянии между этими точками). Была проведена прямая, поскольку она даёт нам наиболее короткое расстояние между точками. Возникает вопрос: почему бы не восстановить древнее русло? Ответ прост: так как р. Зарафшан являлась притоком Амударьи в очень древние времена, на сегодняшний день это русло к сожалению, не сохранилось. На карте была найдена точка разветвления реки на три рукава и соединена с ближайшей точкой р. Амударья.



**Рисунок. 5.** Расстояние от устья р. Зарафшан до р. Амударья

Полученное в ходе работы количество используемой воды для сельского хозяйства в среднем составляет 4–5 км<sup>3</sup> воды [Кулматов и др., 2014; Аминов и др., 2003; Чембарисов и др., 2018].

Учитывая, что экономия воды при капельном орошении в зависимости от культур составляет для хлопчатника 51 %, кукурузы (зерно) – 55 %, пшеницы: мягкой – 49,5 %, твердой – 51,5 %, овощных (томаты, огурцы) – 31 % [Пулатов и др., 2014], можно рассчитать объем потребления воды до и после внедрения данного вида полива (Таблица 1). Отсюда следует вывод, что если в общем количество используемой воды 4–5 км<sup>3</sup>, и при внедрении капельного орошения можно сэкономить в среднем 47,6 % воды, то в итоге получается, что при внедрении капельного орошения сберегается около 2 км<sup>3</sup> воды.

**Таблица 1.** Сравнение количества водопользования до и после внедрения водосберегающих технологий

Область	до внедрения водосберегающих технологий, км <sup>3</sup>	после внедрения водосберегающих технологий, км <sup>3</sup>
Самаркандская	2,5	1,19
Навоийская	1,88	0,89
Кашкадарьинская	0,38	0,18
Джизакская	0,13	0,06
<b>Итого:</b>	<b>4,89</b>	<b>2,32</b>

Для определения объёма воды, требуемого для заполнения расстояния от р. Зарафшан до р. Амударья (127 км), необходимо произвести расчет по формуле:

$$V=X*В*Н,$$

где

V – объём;

X – расстояние между р. Зарафшан и р. Амударья;

В – ширина реки;

Н – глубина реки.

X = 127 км

В = 100 м

Н = 4 м

V = 127000\*100\*4=50 800 000 м<sup>3</sup>, или 0,51 км<sup>3</sup>.

Из расчетов можно сделать вывод о том, что гипотеза о восстановлении стока р. Зарафшан как притока р. Амударья подтверждается, и требуется всего 0,51 км<sup>3</sup> воды для восстановления стока. Надо отметить, что часть объёма воды уходит на испарение и инфильтрацию. Количество этого объёма неизвестно.

#### 4. Результаты исследования и их обсуждение

##### 4.1. Республика Узбекистан

По результатам исследования выявлено, что основное количество водных ресурсов используется в сельском хозяйстве. На сегодняшний день подавляющее большинство фермеров использует старую систему орошения, то есть орошение по бороздам. При таком виде полива происходит испарение и инфильтрация воды, что приводит к большим потерям. Если в сельском хозяйстве внедрить современные

водосберегающие технологии, такие как капельное орошение, то можно будет сэкономить до 2–3 км<sup>3</sup> воды. Расчеты показывают, что при такой экономии воды будет хватать как для освоения новых земель, так и для восстановления стока до Амударьи. Водосберегающие технологии позволят увеличить орошаемые земли на тысячи гектаров и использовать их для выращивания садов и виноградников. Это обеспечит не только внутренний рынок, но и поможет увеличить объем экспорта.

#### *4.2. Практика развитых стран*

Рассмотрим опыт закачки промышленных стоков в глубокие водоносные горизонты в других странах и возможность применения данной технологии на территории Республики Узбекистан.

Как было указано выше, объём сточных вод, сбрасываемых в реку, составляет в среднем 1,4 км<sup>3</sup>/год. Захоронение промышленных сточных вод в глубокие водоносные горизонты является распространенным способом утилизации отходов. Например, в Западном Казахстане в целях обеспечения безопасности жизнедеятельности и охраны окружающей среды накоплен опыт закачки промышленных сточных вод в терригенные надсолевые месторождения. Получен первый положительный результат закачки промышленных стоков в подсолевые карбонаты. Особое внимание было уделено технике вибрационного глинирования и фильтрации скважинных фильтров в нефтегазовой промышленности, которые могут быть использованы при разработке продуктивных пластов в эксплуатационных скважинах и при закачке промышленных стоков в глубокие горизонты [Аюпов, Мусакаева, 2016]. Для того чтобы избежать дальнейшего загрязнения, следует изучить опыт развитых стран. Например, в Германии имеется несколько сотен подземных полигонов для захоронения сточных вод калийной, химической, нефтяной и газовой промышленности. Сточные воды закачиваются на глубину 1100 и более метров в карбонатные и терригенные породы. Объём закачки составляет от 120 до 4800 м<sup>3</sup>/сутки на скважину при устьевом давлении 1,0–2,0 МПа. В то же время 400 млн м<sup>3</sup>/год сточных вод закачивается в 10 скважин на глубину 325–525 м на предприятиях калийной промышленности в Гессене [Ильченко, 2000].

Коммерческие сточные воды в Великобритании в течение 60 лет закачивались в меловые отложения района Уитчерч, используя 19 скважин.

Во Франции первая нагнетательная скважина была пробурена на заводе Grandpuu в 1970 г. в 60 км от Парижа. В период 1950–1980 гг. в юрские кальдеры закачивается вода объёмом 1100 м<sup>3</sup>/сутки при устьевом давлении 1,0 МПа [Ильченко, 2000].

В Канаде насчитывается несколько сотен нагнетательных скважин для закачки промышленных сточных вод в подземные горизонты. В одном только Онтарио имеется 16 таких скважин. Более 30 000 м<sup>3</sup> сточных вод от нефтеперерабатывающих заводов закачивается каждый день в провинции Альберта [Ильченко, 2000].

Многие виды промышленных и бытовых сточных вод закачиваются в Японии под землю. Например, в течение многих лет одна из медных шахт закачивала кислотную

дренажную воду в 150 скважин глубиной 35–60 м, пробуренных из шахты на толще в андезитах, подстилаемых песчаниками. Каждый день в этой шахте закачивается 13 тыс. м<sup>3</sup> сточных вод [Ильченко, 2000].

## 5. Выводы

Река Зарафшан в Узбекистане является одним из главных источников водных ресурсов после Амударьи и Сырдарьи. В древности она являлась притоком р. Амударья. Благодаря современным технологиям появилась возможность возобновить сток и воссоединить русло до р. Амударья, требуется 0,5 км<sup>3</sup> воды из теоретически сэкономленных 2 км<sup>3</sup>. Также при внедрении капельного орошения появляется возможность оставшейся сэкономленной водой оросить новые земли для посадки садов и виноградников, что, в свою очередь, положительно повлияет не только на экономическую, но и социальную жизнь населения Узбекистана.

Как следует из постановления Президента Узбекистана от 27 ноября 2017 года «О государственной программе развития ирригации и улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель на период 2018 – 2019 годов», система капельного орошения в предстоящие два года займет в республике 22 060 гектаров площади. Из них на 2018 г. приходится 9 560, на 2019 г. – 12 500 га [Постановление Президента Республики Узбекистан..., 2017]. Отсюда следует, что на сегодняшний день под капельное орошение занято всего 12 500 га. После внедрения его на участках земель Зарафшанского бассейна площадь земель может вырасти в несколько сотен раз.

На сегодняшний день в русло реки сбрасываются неочищенные сточные воды – отходы промышленности. Недоступность информации по этим объектам усложняет контроль за их деятельностью. Следует обязать водопользователей предоставлять реальную информацию природоохранным органам, чтобы они могли своевременно пресечь загрязнение реки тяжелыми металлами и другими загрязнителями.

## 6. Рекомендации

Учитывая, что на орошаемых землях Зарафшанского бассейна выращивается в основном хлопок, который требует очень много воды, рекомендуется заменить хлопок на менее влагоёмкую культуру (например, шафран), который является специей и пищевым красителем, который получают из высушенного рыльца посевных семян шафрановых цветов. Он имеет оранжевый цвет, издавна считается одной из самых дорогих пряностей, требующих мало воды [Hill, 2004]. Также рекомендуется изучить опыт стран, которые давно занимаются выращиванием и экспортом шафрана, и внедрить их опыт для начала в одном пилотном районе республики. При удачном результате следует расширить культивацию в масштабах всей страны. Это поможет не только сберечь воду, но и получить больше прибыли по сравнению с хлопком. Кроме того, зная в среднем количество воды, которое можно сэкономить при внедрении

капельного орошения, эту воду рекомендуется использовать для посадки садов и виноградников. Расчеты показали, что при правильном использовании воды можно вырастить дополнительно сотни тысяч гектаров новых садов. Также следует внедрить систему закачки под землю сточных вод. Наладить работу и обмен информацией между гидрологами и гидрогеологами, чтобы они имели возможность совместно работать в области охраны водных ресурсов и вместе предотвращали дальнейшее загрязнение р. Зарафшан.

## 7. Благодарность

Статья выполнена при поддержке РЭЦЦА в рамках конкурса студенческих исследований по устойчивому управлению природными ресурсами в Центральной Азии 2019 – 2020: А. Р. Хайдаров являлся стипендиатом этого конкурса, А. Гафуров – научным руководителем.

Выражаю благодарность спонсорам и организаторам этого конкурса как за финансовую поддержку, так и за развитие сети международных научных контактов. Также выражаю признательность организаторам проектов Smart Waters (ЮСАИД) и Программе по адаптации к изменению климата и смягчению его последствий в бассейне Аральского моря - CAMP4ASB (Всемирный банк); коллективу кафедры ИУВР при Казахстанско-Немецком университете и Аброру Гафурову – международному консультанту Всемирного банка по оценке и управлению водными ресурсами, лектору Университета Гумбольдта. Особую благодарность выражаю коллегам за моральную поддержку и ценные консультации в ходе исследований.

## Список литературы

1. Абдураимов М.Ф. Проблемы Зарафшанского гидрографического бассейна // ННО «Защита бассейна реки Зарафшан». Ташкент. 2017.
2. Аминов М., Ахмедов Б., Каримов Н., Кароматов Х., Орипов А., Шагулямов Р., Гулямов С., Хаджиев А. и др. Национальная энциклопедия Узбекистана. Ташкент. 2000–2005.
3. Аюпов Е.Е., Мусакаева Л.Ж. Закачка промышленных сточных вод на нефтяных и газовых месторождениях Западно-Казахстанской области // *Geological and mineralogical sciences*. Уральск. 2016. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zakachka-promyshlennyh-stochnyh-vod-na-neftyanyh-i-gazovyh-mestorozhdeniyah-zapadno-kazahstanskoj-oblasti> (дата обращения: 20.04.2020).
4. Бологов П. Почему крупнейшая часть Аральского моря высохла // Журнал «Мнения». 2014. [Электронный ресурс]. URL: <https://republic.ru/posts/11164841> (дата обращения: 27.03.2020).
5. Гольдберг В.М., Скворцов Н.П., Лукьянчикова Л.Г. Подземное захоронение промышленных сточных вод. Москва: Недра, 1994. 282 с.

6. Ильченко В.П. Гидрогеоэкологический контроль на полигонах закачки промышленных сточных вод: методическое руководство. Москва. 2000. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.docload.ru/Basesdoc/8/8059/index.htm> (дата обращения 29.02.2020).
7. Портал климатических данных. Климат Бухары. [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.climate-data.org/> (дата обращения: 09.02.2020 года).
8. Кулматов Р.А., Нигматов Н., Расулов Б. Современные экологические проблемы трансграничной реки Зарафшан // Геолоэкология. 2014. № 2. С. 38–49.
9. Маматов Ф.М. Механико-технологическое обоснование технических средств для основной обработки почвы в зонах хлопкосеяния: Автореф. дисс. доктора техн. наук. - Москва, 1992. – 33 с.
10. Мухамеджанов А.Р. История орошения Бухарского оазиса (с древнейших времен до начала XX в.) // под. ред. Гулямова Я.Г. Ташкент: Изд-во «Фан» УзССР. 1978. С. 23.
11. Особенности орошения сельскохозяйственных культур: полив по бороздам, контурное орошение и полив дождеванием: практическое руководство для фермеров. Опубликовано Продовольственной и сельскохозяйственной организацией ООН и Обществ. Фондом «Центр обучения, консультации и инновации». Бишкек. 2018. – 30 с.
12. Постановление Президента Узбекистана от 27 ноября 2017 года «О государственной программе развития ирригации и улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель на период 2018 – 2019 годов» // [Электронный ресурс]. URL: <https://lex.uz/docs/3426206> (дата обращения: 09.02.2020 года).
13. Прохоров А.М. Зарафшан (река в Средней Азии). Большая советская энциклопедия: [в 30 т.] / гл. ред. А.М. Прохоров. Изд. 3-е. М.: Советская энциклопедия. 1969–1978.
14. Прохоров А.М. Большой энциклопедический словарь / гл. ред. А.М. Прохоров. Изд. 2-е. М.: Большая российская энциклопедия. 1997.
15. Пулатов Я., Муртазаев У., Петров Г., Ахмедов А., Фаттоева М. Состояние и перспективы ИУВР в Республике Таджикистан: аналитический обзор // ПРООН, Душанбе. 2011. – 97 с.
16. Френкен К. Ирригация в Центральной Азии. Обзор АКВАСТАТ 2012 // отчеты ФАО по водным ресурсам / под ред. Френкен К. Вып. 39. Рим. 2013. С. 109, 112, 114.
17. Ходжаев С.С., Ташханова М.П. Экологические аспекты управления и рационального использования водных ресурсов трансграничных рек бассейна Аральского моря // Ирригация и мелиорация. 2016. № 4. С. 25 – 30.
18. Чембарисов Э.И., Кучкарова Д.Х. Водохозяйственные и мелиоративные особенности Кашкадарьинской области республики Узбекистан // [Электронный ресурс]: информационный портал sawater-info. 2018. URL: <http://cawater-info.net/kashkadarya/papers/chembarisov-kuchkarova.pdf> (дата обращения: 05.11.2019).
19. Чуб В.Е. Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы Республики Узбекистан. Ташкент. 2007. С. 5–10.

- 
20. Якубов Х.Э., Якубов М.А., Якубов Ш.Х. Коллекторно-дренажный сток Центральной Азии и оценка его использования на орошение // Информационный портал cawater-info. 2011. [Электронный ресурс] URL: [http://cawater-info.net/library/rus/cdf\\_ru.pdf](http://cawater-info.net/library/rus/cdf_ru.pdf) (дата обращения: 31.12.2019).
  21. Groll M., Opp Chr., Kulmatov R., Ikramova M., Normatov I. Water quality, potential conflicts and solutions—an upstream–Downstream analysis of the transnational Zarafshan River (Tajikistan, Uzbekistan) // Article in Environmental Earth Sciences 73(2). December 2013. DOI: 10.1007/s12665-013-2988-5
  22. Hill, T. The Contemporary Encyclopedia of Herbs and Spices: Seasonings for the global kitchen // Wiley, 2004. ISBN 978-0-471-21423-6. Page 272
  23. IT Term Definitions // Gartner. 2011
  24. Kulmatov Rashid, Opp Christian, Groll Michael, Kulmatova Dilafruz. Assessment of Water Quality of the Trans-Boundary Zarafshan River in the Territory of Uzbekistan // Journal of Water Resource and Protection. 2013, 5, p. 17-26. URL: <http://www.scirp.org/journal/jwarp> (дата обращения: 18.10.2019).