

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЧНОГО СТОКА И ОСОБЕННОСТЕЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕК БАССЕЙНА Р. СЫРДАРΙΑ

Ахметова М.¹, Жакупова Ж. З.², Саркынов Е. С.³, Мешик О. П.⁴

¹ докторант кафедры «Водные ресурсы и мелиорация», НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет», Алматы, Казахстан,

² PhD, ассоциированный профессор кафедры «Водные ресурсы и мелиорация», НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет», Алматы, Казахстан, zhakupova.zhanar@kaznaru.edu.kz

³ к.т.н., профессор кафедры «Аграрная техника и механическая инженерия», НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет», Алматы, Казахстан, yerbol.sarkynov@kaznaru.edu.kz

⁴ к.т.н., доцент, декан факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, Беларусь, omeshik@mail.ru

Аннотация

При проведении исследования использованы ряды данных гидрометеорологических наблюдений (фондовые фактические материалы РГП «Казгидромет»).

В основе научного исследования – учет современного и будущего (в ближайшие 20-летия) состояния водных ресурсов, современного уровня водопользования, учет рисков от неблагоприятных гидрологических явлений.

Ключевые слова: строение поверхности, водосбор, рассматриваемая территория, климатические факторы, формирование стока, снежный покров, гидрографическая сеть, характеристика, гидрологический режим рек, гидрологическая изученность территории

ANALYSIS AND ASSESSMENT OF THE NATURAL CONDITIONS OF RIVER FLOW FORMATION AND THE PECULIARITIES OF THE HYDROLOGICAL REGIME OF THE RIVERS OF THE SYRDARYA RIVER BASIN

Akhmetova M.¹, Zhakupova Zh. Z.², Sarkynov E. S.³, Meshik O. P.⁴

Abstract

The data series of hydrometeorological observations were used in the study ([https://www.kazhydromet.kz/ru /](https://www.kazhydromet.kz/ru/)).

The scientific research is based on taking into account the current and future (in the next 20 years) state of water resources, the current level of water use, and taking into account the risks from adverse hydrological phenomena.

Keywords: surface structure, catchment area, the territory under consideration, climatic factors, runoff formation, snow cover, hydrographic network, characteristics, hydrological regime of rivers, hydrological study of the territory

Введение. Рассматриваемая в работе территория простирается вдоль нижнего течения р. Сырдарии в пределах Южно-Казахстанской и Кызылординской областей Казахстана, включая Шардаринское водохранилище, Аральское море. Долина р. Сырдарии имеет общее направление с юго-востока на северо-запад. На севере границей зоны служат юго-западные склоны хребта Каратау, пески Приаральские Каракумы и Малые Барсуки, на юге – пески Кызылкум и Жуванкум.

Общая площадь бассейна р. Сырдарии точно не определяется, так как в нижнем течении она протекает по равнинным пространствам, где линия водораздела не выражена. Площадь же горной части бассейна (до поста Тюмень-Арык) составляет 219 000 км².

Северная часть бассейна находится в умеренном, а южная – в субтропическом (теплом) континентальном климатическом поясах. Основной водосборной частью бассейна Сырдарии являются западная половина Тянь-Шанской горной системы и северные склоны Алайского и Туркестанского хребтов.

Материалы и методы. Среди подходов и методов, предлагаемых к решению поставленных задач, в качестве основных использованы: многомерный статистический анализ; корреляционные зависимости; метод географической аналогии; системный метод; сравнительный метод; количественный (математический) метод; статистический метод; картографический метод. Метод компьютерной обработки информации и логического моделирования; концепция устойчивого развития; способы и приемы определения антропогенных нагрузок на водные объекты.

Основные черты рельефа

Бассейн реки состоит из двух существенно различных по рельефу частей: горной области, где формируется основная часть речного стока, и равнинных пространств. Последние поверхностного стока в русло Сырдарии почти не дают, особенно в нижнем ее течении, где прилегающая к реке местность имеет уклон от русла реки в стороны.

Широтная зональность нарушается наличием горного и особенно высокогорного рельефа, вызывающего появление высотной зональности, которая в свою очередь определяет условия увлажнения и режим речного стока. Главными орфографическими элементами горной части описываемого бассейна являются вытянутые хребты и разделяющие их долины. В месте стыка высокогорных поднятий Акшийрак и Терскей-Алатау с ледника Петрова берет начало р. Кумтор, являющаяся истоком р. Сырдарии. Отсюда на запад хребты узким веером расходятся и понижаются, увеличивая тем самым размеры межгорных впадин и долин.

В горной области бассейна Сырдарии могут быть выделены две существенно различные части: восточная и западная. Восточная часть занята бассейном р. Нарын, ограниченным с запада гребнем Ферганского и Атонайского хребтов. Она построена только высокогорными хребтами, замкнутая, высокая постепенно

сужается и повышается к востоку. Хребты возвышаются здесь до 5100 м, разделены широкими замкнутыми долинами и впадинами, соединяющимися между собой узкими и глубокими ущельями. Гребни большей части хребтов имеют сглаженные или столообразные формы и небольшое относительное превышение над дном долины. Средняя высота водосборов изучаемых рек этой части бассейна 2800 – 3600 м над уровнем моря.

Центральная часть бассейна р. Нарын длиной около 300 км, имеющая на востоке высоту 2300 м и понижающаяся на запад к выходу в Ферганскую долину до 800 м, представлена в виде трех обширных (до 25-90 км шириной) котловин – Нарынской, Тогуз-Торауской и Кетмень–Тюбинской, соединяющихся между собой сравнительно узкими проходами (ущельями). Значительная часть дна этих котловин выглядит как волнистая равнина, занятая по периферии слившимися конусами выноса многочисленных небольших рек, стекающих с гор с долину р. Нарын, пересекающую все эти котловины. В ряде мест предгорной части котловин развит рельеф адырного типа (бедленд) на пестроцветных третичных засоленных отложениях. Значительные площади дна котловин заняты современной террасированной долиной р. Нарын, останцами в виде отдельных гряд и мелкосопочником.

Южную часть бассейна р. Нарын образуют две межгорные котловины – Атбашинская (бассейн р. Атбаши) и Арпинская (верховья р. Алабуга). Первая из них имеет длину до 200 км и ширину до 30-40 км, западный и восточный края её находятся на высоте около 3000 м, а в середине, у выхода р. Атбаши в долину р. Нарына, она понижается до 2000 м. Окружающие эту котловину гребни гор имеют вершины с отметками до 4800 м. Предгорья северной стороны котловины имеют рельеф типа бедленд, а по южному краю её простирается пролювиальная равнина.

Северная часть бассейна р. Нарына, дренируемая р. Кекемерен, представлена также в виде двух обширных межгорных впадин – Сусамырской и Джумгольской. Общая длина их 230 км, ширина по дну до 40-60 км. Находятся эти впадины на высоте более 2000 м. Дно их – волнистая равнина из слившихся конусов выноса, с отдельными останцами в виде гряд и округлых платообразных поверхностей высотой 500-700 м.

Западная, большая, половина горной части бассейна Сырдарии включает в себя Ферганскую долину, Ахангаран – Чирчик – Келеский район и юго-западные склоны хребта Каратау. Основные горные хребты здесь, ограничивающие бассейн с юга и с севера, с продвижением на запад расходятся и, постепенно понижаясь, переходя в равнины. Между отрогами, отходящими от основных хребтов, образуется большое число долин, открытых главным образом на запад и юго-запад. Большая часть склонов этой части водосбора Сырдарии оказывается наветренной для западных и юго-западных влагоносных воздушных масс и поэтому они, как правило, получают в несколько раз больше осадков, чем склоны гор восточной части бассейна. По этой причине реки западной половины бассейна Сырдарии оказываются более многоводными.

Низкогорный рельеф характеризуется чередованием относительно невысоких горных образований с округлыми очертаниями, бесчисленных оврагов,

долин, ущелий и котловин. Водораздельные пространства здесь пологоволнистые, часто с россыпями камней, поднимаются до высоты 1500-1800 м.

Геологическое строение

Река Сырдария в пределах территории Казахстана приурочена к Сырдаринской депрессии. Прибрежная территория Шардаринского водохранилища сложена отложениями четвертичного, третичного и мелового возрастов.

От плотины на протяжении 6 км правый берег сложен красно – цветными и светло – зелеными глинами с включением песчаников. Дальше в полосе до 15 км породы представлены супесями и суглинками с линзовидными прослоями тонкозернистых песков. Остальные 70 км береговой линии представлены Ташкентским комплексом (супеси легкие, суглинки лессовидные) с общей мощностью от 5-20 и более метров. Левый берег водохранилища от плотины до Арнасайского лога представлен песками эолового происхождения мощностью до 30-35 м, правым берегом водохранилища является равнина Голодной степи, сложенная супесями, легкими лессовидными суглинками с редкими прослоями тонкозернистых песков. Мощность отложений до 40 м.

На всем протяжении реки от Шардаринского водохранилища и до Аральского моря русло реки, в основном, сложено супесями до глубины 3-5 м, подстилаемые мелкозернистыми песками. Мощность слоя песков изменяется от 3-5 до 120-200 м. Наибольшая мощность этих песчаных отложений наблюдается в Арысь – Туркестанском прогибе (от ж-д ст. Туркестан и до г. Кызылорды). В районе городов Ленинска и Казалинска четвертичные отложения имеют небольшую мощность от 3 до 10-20 метров, которые подстилаются глинистыми песками, гравийными галечниками. Песчаный слой лежит на глинах, являющихся региональным водоупором.

На отдельных участках правого берега реки от Шардаринского водохранилища на длину до 100 км от станции Тюратам и до ст. Байхожи, а также в прибрежной полосе Аральского моря русло реки врезано в неоген – палеогеновые глины, а в районе Ленинска и до урочища Жиирма в меловые отложения, представленные глинистой толщей с прослоями песков и песчаников. Мощность туранских отложений колеблется от 60 до 120 м.

Своеобразие и характерные особенности дневной поверхности территории Приаралья обусловлены тем, что она расположена в центре Туранской плиты. Основная площадь занята равнинами различного генезиса с абсолютными отметками поверхности 60-320 м и общим уклоном в сторону Аральского моря. Снижение его уровня привело к формированию вдоль берегов и вокруг островов песчано-глинистой равнины, плоская поверхность которой, с абсолютными отметками 40-60 м, осложнена сорово-дефляционными понижениями и положительными формами эолового микрорельефа.

В целом подземные воды четвертичных отложений безнапорные. Небольшие местные напоры обусловлены наличием глинистых прослоев. Глубины залегания подземных вод самые разнообразные и зависят от рельефа местности и удаленности от зоны влияния поверхностных водотоков.

В геолого-тектоническом отношении весь бассейн Аральского моря занимает центральную и юго-восточную часть Туранской плиты и расположен в области

сочленения двух типов структур – субмеридианальной Уральской и субширотной Тяньшаньской. Палеозойский фундамент, выходящий на поверхность земли по границам бассейна в районах горных сооружений, залегает на глубинах до 1,5 км под акваторией моря.

Район Приаралья в гидрогеологическом отношении представляет собой разнорядковую систему артезианских бассейнов. В разрезе эта гидродинамическая система включает несколько водоносных комплексов, разделенных слабопроницаемыми глинистыми отложениями.

Сырдаринская аллювиальная равнина широкой полосой (до 100 км) простирается вдоль р. Сырдарии с небольшим уклоном на северо-запад. С поверхности она сложена песчаными, супесчано-глинистыми и глинистыми аллювиальными отложениями четвертичного возраста, мощностью 10-30 м, местами более. Здесь отмечаются один выдержанный водоносный горизонт, приуроченный к песчаным и песчано-глинистым отложениям. Основное направления движения грунтовых вод совпадают с уклоном поверхности равнины. Местами, где Сырдария течет на возвышенных участках, движения грунтовых вод направлена в глубь аллювиальной равнины. Формирование грунтовых вод происходит за счет фильтрации поверхностных вод из реки, ирригационных каналов и отчасти атмосферных осадков. Глубина их залегания изменяется от 1 до 30 и более метров.

Наибольшее распространение получили аллювиальные и аллювиально-пролювиальные: пески, гравийно-галечники, валуны, суглинки, супеси, реже глины, конгломераты, песчаники. Значительные площади в Приаралье заняты эоловыми песками: Большие и Малые Барсуки, Приаральские Каракумы, Кызылкумы. Морские отложения представлены преимущественно илами, глинами. Общая мощность верхнеэоцено-четвертичных отложений изменяется от 20 до 800 м при общей тенденции уменьшения ее с юго-востока на северо-запад. Мощность водовмещающих отложений колеблется в пределах от нескольких метров до 250 м. Фильтрационные свойства характеризуются величинами водопроводимости от 50 м²/сут в Приаралье до 4000-8000 м²/сут в пределах Арысского и Приташкентского артезианских бассейнов второго порядка.

На территории орошаемых массивов, расположенных в долине р. Сырдарии, отмечается непрерывный подъем уровней грунтовых вод в многолетнем разрезе. При неглубоком залегании уровня подземных вод (менее 10 м) и последующем быстром его подъеме до критической глубины начинается интенсивное испарение, которое замедляет темпы дальнейшего подъема, а затем наступает момент относительной его стабилизации. При относительно глубоком (более 10 м) залегании уровня грунтовых вод (Чиилинский, Арыс-Туркестанский массивы) орошение привело к заполнению свободной емкости и увеличению мощности горизонта подземных вод на 3-5 м не только в районе самих орошаемых массивов, но и на удалении 30-40 км от них. Вследствие этого произошло увеличение ресурсов подземных вод на значительной территории.

В центральной части региона в процессах формирования подземных вод основную роль играет рассредоточенное по площади перетекание через слабопроницаемые отложения, а также концентрированная разгрузка по зонам тектонических нарушений.

В регионе нет единой четко выраженной области питания и разгрузки. На протяжении всего пути движения подземных вод эти процессы чередуются. Роль Аральского моря как основного базиса разгрузки подземных вод невелика. Подземный сток в Арал составляет лишь десятую часть от суммы естественных ресурсов подземных вод.

Климатические условия

Климат рассматриваемой территории отличается засушливостью и большой континентальностью. Для такого климата характерны продолжительное жаркое лето, холодная для данных широт зима, значительная годовая и суточная амплитуда колебания температуры воздуха, большая сухость воздуха, малая облачность, скудность осадков при неравномерном их распределении в году и незначительный снежный покров.

Важно отметить, что за последние 20-30 лет произошли некоторые изменения в климатических условиях прилегающей к Аральскому морю территории (в пределах около 100 км), которые объясняются, с одной стороны, глобальным изменением климатических условий, и с другой стороны, влиянием понижения уровня Аральского моря на климат прибрежной зоны.

В результате научных проработок установлено, что снижение уровня моря отразилось на влажности воздуха, термическом режиме, облачности, скорости и направлении ветра.

В районе г. Аральска деградация моря сказалась на повышении температуры воздуха в летнее время в среднем на 0.5°C , на понижении относительной влажности воздуха в июне-августе на 10-12 %. С ростом энергетического потенциала атмосферы произошло увеличение максимальной скорости ветра в среднем на 4.5 м/с.

Среднегодовая температура воздуха в среднем за период в рассматриваемом районе изменяется от 13.9°C на юге до 8.0°C в районе Аральского моря.

Холодный период начинается в ноябре и кончается в конце марта, самая низкая температура в январе от минус 25.4°C на севере до минус 6.1°C на юге. Безморозный период длится от 170 до 190 дней. Самый теплый месяц – июль (среднемесячная температура доходит до 31°C). Среднее количество осадков колеблется от 116 мм в районе Шиили до 110 мм около Аральского моря и 244 мм в районе Шардары.

Дождевые осадки преобладают над снежными. Засушливые месяцы – июнь-сентябрь. Относительная влажность воздуха в средней части территории равна 42 % (Шиили), повышаясь до 59-61 % в районе Аральского моря и Шардары. На рассматриваемой территории в течение всего года преобладают ветры северо-восточного, северного и северо-западного направлений со средней скоростью 2.8 м/с, повышаясь до 5 м/с в прибрежной зоне. Максимальные скорости ветра достигают 24-28 м/с. Продолжительность солнечного сияния около 9 часов в день, в летнее время может достигать 13.5-14 час/день, снижаясь в зимнее время до 2.6-5.5 час/день.

На рассматриваемой территории в теплое время года наблюдаются пыльные бури: от 2 (ст. Казалинск) до 40 дней (ст. Аральское море) за сезон. Значительную опасность окружающей среде представляют солеперенос и пылеперенос с осушенной части Аральского моря. Метели – сравнительно редкое явление, в среднем по ст. Чардара их отмечается 0,6, по ст. Аральское море – 9 дней за зимний сезон.

Число дней с гололедом по рассматриваемой территории отмечается в среднем от 4 до 7, с изморозью – от 8 до 15 дней. Туманы преобладают в холодное время года, в среднем их бывает 22-28 дней.

Атмосферные осадки

Вследствие разнообразия форм рельефа и экспозиции склонов по отношению к влагоносным потокам воздуха режим увлажнения атмосферными осадками в бассейне р. Сырдарии крайне разнообразен. Средние годовые суммы осадков колеблются от 80-100 до 1000-1300 мм. Наиболее засушливой является северо-западная равнинная часть бассейна и западная половина центральной части Ферганской котловины, где в среднем за год выпадает всего лишь около 100 мм осадков. Благодаря влиянию горных склонов, способствующих усилению конвективных процессов в горах, при общем повышении местности количество осадков увеличивается. Однако такая закономерность в большинстве случаев прослеживается лишь в пределах каждого данного профиля вдоль склона какого-либо хребта, но и здесь на разных высотах в силу местных условий она может нарушаться.

Распределение средних годовых сумм осадков по территории бассейна крайне неравномерно. В западной части Кураминского хребта и на северных склонах Туркестано-Алайской горной системы количество осадков колеблется от 200 до 600 мм. Только в верховьях реки Сох на высоте 3000 м сумма осадков достигает 900 мм, а вблизи гребней гор 1200 мм.

Не менее обильно увлажняются долины западных отрогов Тянь-Шаня. В долинах рек Пскем, Угам и Ахангаран на склонах вблизи гребней гор выпадает до 1500 мм осадков. Например, в долине реки Чаткал на высоте около 2000 м за год в среднем выпадает менее 500 мм осадков. На склонах хребта Каратау на высотах 450-1200 м количество осадков колеблется от 350 до 600 мм.

Наиболее засушливой является территория Центрального Тянь-Шаня: в верховьях рек Нарын, Сусамыр и на сыртах Тянь-Шаня в зоне высот от 2000 до 3700 м в среднем за год выпадает около 300-400 мм осадков. Это объясняется потерей влаги воздушными массами на пути их продвижения в глубь горной страны при переваливании через горные хребты.

Сезонное распределение осадков в условиях бассейна р. Сырдарии также разнообразно. На равнинной части описываемого района, в предгорной и низкогорной зонах суммы осадков холодного периода в большинстве случаев превышают суммы осадков теплого периода. Только на севере в низовьях р. Сырдарии (станции Джусалы, Казалинск) наблюдается обратное явление – летние осадки несколько превышают зимние. Суммы осадков за холодный период (с ноября по март) на равнинах и в предгорьях колеблются от 45 до 350 мм, а в теплый период года (с апреля по октябрь) от 45 до 250 мм. Суммы осадков теплого

периода складываются в основном из осадков, выпадающих в апреле, мае и октябре. С июня по сентябрь количество их весьма незначительно. Максимум осадков приходится преимущественно на март и реже на апрель.

По сравнению с равниной и предгорьями в горных районах в большинстве случаев происходит перераспределение осадков между сезонами. На высоте 1500-2000 м наблюдается наибольшая разница между количеством летних и зимних осадков. В районах Центрального Тянь-Шаня летом осадков выпадает больше, чем зимой (50-100 мм зимой и 150-300 мм летом). То же отмечается и в высокогорной зоне Туркестанского хребта, где зимой выпадает 38 % годовой суммы осадков, а летом 62 %.

Осадки в виде снега выпадают в основном в период с ноября по март. В отдельные годы выпадение снега даже в невысоких горах можно наблюдать уже в октябре, а весной в апреле, реже в мае. В высокогорных районах Центрального Тянь-Шаня и других горных систем снег выпадает круглый год.

Осадки в виде дождя выпадают на большей части территории в течение всего года. На равнинной части бассейна число дней с дождем в течение года колеблется от 30 до 60. Летом в наиболее жаркие месяцы (июль и август, а иногда и в сентябре) дожди выпадают не ежегодно. В предгорьях дожди учащаются, особенно в районах, расположенных на склонах с благоприятной для этого ориентировкой (на запад и юго-запад). Здесь на высоте около 1500 м в среднем за год отмечается до 60 дней с дождем, в районах Центрального Тянь-Шаня и на Туркестанском хребте на высоте около 3000 м дожди выпадают значительно реже, чем в среднегорной зоне. За год здесь отмечается всего 35-40 дней с дождем. Ливни отмечаются в бассейне Сырдарии главным образом в предгорной и низкогорной зонах.

На равнинах наибольшее суточное количество осадков с 1936 по 1961 гг. наблюдалось от 22 до 40 мм. В долинах рек Пскем, Чирчик и Ахангаран на высотах 1000-2000 м суточный максимум значительно выше (порядка 70-90 мм). На склонах Ферганского хребта наибольшая величина суточного максимума достигает 50-90 мм. На других склонах, окружающих Ферганскую долину, максимальное количество осадков за сутки значительно меньше (26-75 мм). В высокогорных районах Центрального Тянь-Шаня, на Туркестанском хребте и в районе Шахристанского перевала наибольшее количество осадков, выпавший за сутки, за 25-летний период наблюдений не превышало 45 мм. Как правило, значительные величины осадков часто бывают связаны с ливневой деятельностью.

Снежный покров

Сроки появления снежного покрова крайне непостоянны, в отдельные годы отклонения от средней даты достигают ± 30 дней. В равнинной и предгорной частях бассейна устойчивый снежный покров бывает менее чем в 50 % зим, в наиболее северных пунктах он наблюдается чаще и устанавливается обычно во второй или в третьей декаде декабря, а исчезает преимущественно в начале февраля. В среднем за зиму общее число дней со снежным покровом в равнинной части бассейна колеблется от 35 до 85.

Так, средняя из его максимальных высот, по данным снегосъемок за 10-15 лет, колеблется от 9 до 15-20 см, а наибольшая высота не превышает 20-30 см. В горной части бассейна время появления и схода снежного покрова чрезвычайно разнообразно. Если на высоте до 1500 м появление снежного покрова отмечается преимущественно во второй и третьей декадах ноября, а исчезновение во второй и третьей декадах марта, то на высотах 1500-2000 м снежный покров появляется преимущественно в третьей декаде октября, а стаивает в течение второй и третьей декад апреля.

Почвенный покров

По направленности процессов почвообразования в зоне рассматриваемой территории выделяются пять крупных категорий почв: автоморфные зональные, автоморфные дельтовые (в прошлом гидроморфные), песчаные пустынные, гидроморфные дельтовые и почвы обсыхающего дна Аральского моря. Автоморфные почвы, составляющие основной пастбищный фонд, в меньшей степени подверглись изменениям, связанным с аридизацией региона. Лимитирующими факторами их использования является неустойчивая продуктивность в связи с погодными условиями и ограниченностью водных ресурсов. Гидроморфные почвы и почвы обсыхающего дна Аральского моря в наибольшей степени подвержены изменению в процессе опустынивания. Гидроморфные почвы дельтовых равнин представляют основной фонд, пригодный для возделывания риса и других культур, используются также под сенокосные и пастбищные угодья. По мелиоративным показателям низовья Сырдарии относятся к группе ландшафтов, не имеющих естественного дренажа, по солевому балансу – к типу общего накопления солей, по геохимическим показателям – к провинции хлоридно-сульфатного засоления. Изменения климатических характеристик, гидрологических и гидрогеологических условий, растительного покрова, естественных природных ландшафтов за последние 35-40 лет отрицательно влияют на процессы почвообразования, направляя его по автоморфному ариднему типу и обуславливая деградацию сформировавшихся ранее гидроморфных ландшафтов, что приводит к опустыниванию территории.

В связи с зарегулированием и уменьшением стока р. Сырдарии, прекратились паводковые затопления дельты, сократился твердый сток, изменился гидрохимический сток реки, а это привело к уменьшению притока органических веществ и элементов питания – гумуса с 84 до 2,8 тыс. тонн; азота с 36 до 0,1 тыс. тонн; валового фосфора с 16,9 до 0,6 тыс. тонн. Тип химизма вод с гидрокарбонатно-кальциевого стал сульфатно-натриевый с повышенным содержанием хлора. Увеличилась токсичность солевого состава речной воды, создались предпосылки осолонцевания дельтовых почв, хлоридного засоления почв орошаемых массивов.

Изменение видового состава растительности и ее продуктивность отрицательно повлияло на почвообразование. Ежегодное поступление растительной массы в элементах рельефа сократилось в 5-10 раз, на прирусловых валах в 2 раза, что уменьшило гумусообразование и ухудшило физико-химические свойства почв. С изменением химического состава растительного покрова, вместо кремния и кальция в золе фитомассы стал преобладать натрий и магний, которые с ионами хлора

образуют токсичные соли и способствуют осолонцеванию почв. Произошло ухудшение физико-химических и физических свойств (содержание гумуса, агрегированность, плотность сложения, водопроницаемость) болотных и луговых почв.

Уменьшение стока реки вызвало интенсивное обсыхание территории, понижение уровня грунтовых вод и повышение минерализации.

Тип соленакопления в почвах: сульфатно-хлоридный → хлоридно-сульфатный → сульфатный заменился на хлоридно-сульфатный → сульфатно-хлоридный → хлоридный.

На территории дельты сильнее засолились почвы лугового ряда, в древней и современной дельте - болотного. В 1978 году в современной дельте практически не осталось незасоленных почв, в 10 раз увеличились площади слабо - и средnezасоленных почв, на 5 % площади почвы засолились до сильно засоленных. Процессы соленакопления происходят при положении уровня грунтовых вод выше 3-4 м.

На 65 % территории почвы подвержены дефляции. Гидроморфные дельтовые почвы недефлированы в связи с увлажнением. Водная эрозия почв распространена на территории около 5 %. Под влиянием дефляции снижаются плодородие, продуктивность пастбищ. С изменением гидрохимического стока реки наибольшие преобразования произошли в засолении оросительных и грунтовых вод, что повлияло на мелиоративное состояние орошаемых массивов. Состояние орошаемых массивов усугубляется тяжелыми изначальными почвенно-мелиоративными условиями. Это близкое залегание водоупора (3-15 м) котловинного рельефа, отсутствие дренируемости территории, хлоридно-сульфатное и сульфатно-хлоридное засоление почв и грунтовых вод, высокая минерализация грунтовых вод (до 50 г/л), быстрая реставрация засоления хлором почв после промывок. Засоление почв на массивах орошения изменяется в широких пределах - от 0,2 до 3 %. При этом преобладают средне - и сильнозасоленные почвы.

На осушенной полосе Аральского моря формирование почвенного покрова происходит по трем основным линиям:

1) при легкой литологии грунтов - к образованию песчаных пустынных почв через последовательные стадии маршевых, приморских солончаков и приморских почв;

2) при тяжелой литологии грунтов происходит преобразование маршевых и приморских солончаков в такыровидные солончаки, которые в процессе дальнейшего опустынивания перейдут в такыровидные солонцевато-солончаковые почвы;

3) в замкнутых не дренированных впадинах – соровые солончаки.

В структуре почвенного покрова преобладают солончаки. Из общей площади осушки 1995 года 1,8 млн. га площадь солончаков составляет 1,1 млн. га. Почвенный покров неустойчив в пространстве и во времени. Трансформация почв в полосе осушки у уреза воды приводит к уменьшению общей площади маршевых и приморских солончаков и увеличению интенсивности их засоления, а также к увеличению площади корково-пухлых, соровых и такыровидных солончаков.

Маршевые солончаки распространены по кромке уреза воды в полосе интенсивных морских прибоев, на участках морского пляжа, где формируется специфический горизонт остаточных морских вод. Маршевые солончаки имеют

высокую карбонатность (7-10 %), щелочную реакцию среды (рН=8,3-9,6), содержание гумуса от 0,2 до 1,0 %. Начальный период формирования маршевых солончаков характеризуется хлоридным, сульфатно-хлоридным, магниевонариевым засолением, сумма солей составляет 0,4-3,0 %.

Такыровидные почвы сформировались в поясе осушки 1960 годов. Они являются конечным звеном в эволюции почв, также как и песчаные, но образуются из отакыренных солончаков при аридизации и выщелачивании солей. Солончаки соровые приурочены к замкнутым депрессиям с застойными грунтовыми водами, покрыты мощной солевой корочкой, по всему профилю имеют значительную концентрацию солей.

Гидрография

Река Сырдария берет начало за пределами Казахстана в Ферганской долине от слияния рек Нарына и Карадарьи. Общая длина от места слияния до устья 2212 км, площадь бассейна до ж.-д. станции Тюмень-Арык 219000 км². Ниже водораздельная линия не прослеживается.

На территории Казахстана в верхней части река принимает три притока (реки Келес, Курук-Келес и Арысь). Далее, протекая по бесприточной зоне и образуя в устьевой области обширную дельту (г. Казалинск), впадает в Аральское море.

В бассейне Сырдарии в верхней его части построено несколько крупных водохранилищ, наиболее значительным из которых является Токтогульское водохранилище многолетнего регулирования стока на р. Нарыне (Кыргызстан). Для ирригации и энергетики Казахстана используется Шардаринское водохранилище сезонного регулирования с полезной емкостью 5,2 км³.

В бассейне Сырдарии имеется обширная сеть ирригационных каналов для полива сельскохозяйственных культур. Развита также сеть коллекторов, сбрасывающих формирующийся коллекторно-дренажный сток как в Сырдарью и ее притоки, так и в старые русла, протоки, бессточные озера и понижения рельефа. Аральское море – в прошлом один из крупнейших внутриматериковых водоемов, в настоящее время находится в критическом состоянии по причине прогрессирующего усыхания и осолонения.

До 1961 г. средний уровень Аральского моря находился на отметке около 53 м БС. За последние 35 лет глубина его уменьшилась на 16 м. В настоящее время Аральское море разделилось на две части: Большое море на юге и Малое море на севере. Соленость моря возросла в три раза по сравнению с квазистационарным режимом. Ниже дается краткое описание казахстанской части р. Сырдарии.

Участок Сырдарии от Чардары до ж.-д. станции Тюмень-Арык. На этом участке оба берега реки пустынные. Встречаются местами зимовки и загоны. Берега имеют участки, покрытые тугайной растительностью и камышом. В общем, этот участок не требует каких-либо мероприятий против затопления водой. В этом районе Сырдария принимает единственный приток р. Арысь, сбрасывающий остатки воды после ее разбора на орошение, (в Сырдарью сбрасывается 0,1-0,5 км³/год, в многоводные годы – до 1-1,8 км³). Из Сырдарии здесь выведено

9 крупных каналов. Наиболее крупным на участке является канал Ново-Шиилийский с пропускной способностью $75 \text{ м}^3/\text{с}$, отходящий от Сырдарии вправо у ж.-д. станции Тюмень-Арык.

Участок Сырдарии от Тюмень-Арыка до Казалинска. Притоков на участке нет. По мере продвижения к устью заглублиение поймы уменьшается, и она сливается с окружающей равниной. Отметки местности по мере удаления от реки как вправо, так и влево – уменьшаются. Вследствие отсутствия прочных берегов и малой их высоты река меняет свое русло, прорывает берега и затопляет низкие места, старые русла постепенно отделяются от реки осаждающимися наносами и приобретают вид мелководных озер.

Забор воды из реки Сырдарии производится четырнадцатью крупными каналами, а также насосными установками, суммарный среднегодовой расход которых в 1990 году составил около $100 \text{ м}^3/\text{с}$. В 12 км выше г. Кызылорды действует Кызылординская водоподъемная плотина, обеспечивающая систематическую подачу воды в каналы.

Левобережный канал, с пропускной способностью $220 \text{ м}^3/\text{с}$, предназначен для орошения всей территории по левому берегу Сырдарии от плотины до станции Джусалы. Канал Жана-Дарья, отходящий также слева, пропускной способностью $50 \text{ м}^3/\text{с}$, используется для обводнения пастбищ в песках Кызылкум.

На участке от ж.-д. станции Тюмень-Арык до с. Джусалы от Сырдарии отделяется много проток, которые в свою очередь делятся на рукава, а местами разливаются, образуя озера и болота. Часть проток по длине и сечению достигает значительной величины. Большая их часть теряется в песках, некоторые в древние времена доходили до Аральского моря. Одной из наиболее крупных проток является Караозек, она тянется на протяжении 170 км, отделяя множество мелких проток и, впадая опять в Сырдарью у с. Джусалы. В последние годы в устьевой области Караозека вода часто застаивается и до Сырдарии не доходит.

Жана-Дарья – крупнейшее из древних русел Сырдарии на ее левобережье, ее протяженность более 600 км. Русло Жана-Дарьи начинается выше Кызылординского гидроузла и проходит на юг и юго-запад до границ Узбекистана. На 210 км от Жана-Дарьи на запад уходит рукав Кувандарья, имеющий длину более 480 км.

Длительный период после утери непосредственной связи с рекой Жана-Дарья и Кувандарья обводнялись только во время больших паводков. После строительства Кызылординской плотины и канала Жана-Дарья появилась возможность забирать из реки до $50 \text{ м}^3/\text{с}$ воды для обводнения земель, лежащих вдоль Жана-Дарьи. Для подпитки Кувандарьи и обводнения пастбищ, расположенных на ее берегах, используются главным образом сбросные воды левобережного Кызылординского массива орошения.

В жизни низовьев Сырдарии эти протоки и рукава имеют большое значение, так как являются источниками орошения, они питают большое количество мелких ирригационных систем. Ниже с. Джусалы и до г. Казалинска Сырдария приходит без разливов среди пустынно-песчаных пространств. Выше г. Казалинска в 1970 году вступил в эксплуатацию Казалинский гидроузел, из верхнего бьефа

которого осуществляется водозабор для орошения левобережного и правобережного массивов орошения.

Дельта реки Сырдария. В дельте (с вершиной у г. Казалинска) р. Сырдария опять разливается, вода аккумулируется озерными системами, болотными массивами и обширными бессточными понижениями. Вследствие уменьшения притока речных вод естественными дельтообразовательные процессы в настоящее время значительно затухли и выражаются главным образом в перемещении устья реки в сторону моря.

Многие озера, в основном крупные и удаленные от реки, за последнее время резко уменьшились в размерах и своим существованием обязаны притоку речных вод по искусственно углубленным естественным руслам. Некоторые озера поддерживаются за счет сбросных вод системы правобережного Казалинского ирригационного канала. Незначительные водозаборы из Сырдарии для природного комплекса дельты осуществляются также ниже сооружения Амоноткель.

Результаты и обсуждение. *Гидрологическая изученность. Качество исходных данных.*

Гидрологическая изученность реки Сырдарии в пределах РК сравнительно удовлетворительная. Всего на рассматриваемом участке бассейна Сырдарии (р.Сырдария, ее протоки и устьевые участки притоков Келес, Куруккелес и Арысь в пределах РК) в разное время действовало около 50 гидрологических постов.

В настоящее время гидрометрические наблюдения проводятся на 15 гидрологических постах. Наибольшую длительность наблюдений имеют посты на реке Сырдарии: г. Казалинск (с 1911 г.) и ж.-д. станция Тюмень-Арык (с 1913 г.).

Все 15 гидропостов находятся в ведении РГП «Казгидромет». Данные наблюдений на постах Казгидромета публикуются в «Государственном водном кадастре». Наблюдения за водозаборами и сбросами осуществляются на постах Комитета по водным ресурсам РК. Эти посты работают, главным образом, в течение вегетационного периода. Результаты наблюдений помещаются в ежегодных отчетах по эксплуатационной гидрометрии. Качество этих данных низкое.

Особо следует остановиться на гидрологической изученности дельты и устья р. Сырдарии. Данные по гидрологическому посту Каратерень (действует с 1990 г.) непродолжительны, отрывочны и очень низкого качества. Сведения о расходах и уровнях воды за 1994 год, частично, а за 1995 г – практически за весь год – забракованы.

Отсутствие надежных гидрометрических данных ниже г. Казалинска не позволяет установить с достаточной степенью достоверности расходование воды р. Сырдарии в дельте и размер стока, сбрасываемого в море. Эту проблему можно решить только путем выполнения регулярных и качественных замеров стока р. Сырдарии перед входом в море.

Краткая характеристика водохранилищ

Шардаринское водохранилище

Шардаринское водохранилище расположено на р. Сырдарии. Местоположение створа плотины: г. Шардара, 1633 км от устья реки, в 240 км

от г. Шымкента. Водохранилище находится на территории Южно-Казахстанской области республики Казахстан.

Проектирование водохранилища (проектный институт «Средазгипроводхлопок», г. Ташкент) велось в 1950-е годы, а его строительство осуществлялось с 1956 по 1967 гг. Первоначальное наполнение водохранилища началось в 1965 году.

Назначение водохранилища – ирригация, энергетика, борьба с наводнениями в нижнем течении реки, рыболовство и санитарно-экологические попуски. Однако, режим работы водохранилища полностью подчинен ирригационному графику. В водохранилище аккумулируется зимний сток и перерегулируется на летний период для водообеспечения орошаемых земель на общей площади около 375 тыс. га, в том числе непосредственно из водохранилища, через регулятор Кзылкумского магистрального канала, вода поступает на орошение более 73 тыс. га рисовых, хлопковых и кормовых севооборотов. На орошение остальных земель вода из водохранилища подается в русло р. Сырдарии, с последующим (в основном самотечным) забором в оросительные системы и на другие нужды.

Шардаринское водохранилище образовано двумя земляными плотинами: намывной из мелкозернистых песков – Шардаринской, расположенной южнее г. Шардары у возвышенности Жаусукум, и укатанной из суглинков – Арнасайской плотины, перекрывающей вход в одноименное понижение, расположенное по левому борту и примыкающее к водохранилищу.

Компоновка основных сооружений Шардаринского водохранилища осуществлена таким образом, что позволяет более половины паводкового расхода ($2160 \text{ м}^3/\text{с}$) сбрасывать в Арнасайское понижение, $200 \text{ м}^3/\text{с}$ может быть подано в Кзылкумский магистральный канал и около $1800 \text{ м}^3/\text{с}$ (проектный расход) может быть сброшено в р. Сырдария через ГЭС ($778 \text{ м}^3/\text{с}$ - проект) и холостые сбросы ($\sim 1000 \text{ м}^3/\text{с}$ - проект).

Авторами проекта (Проектное задание 1955 г.) были составлены графики объемов и площадей водного зеркала Шардаринского водохранилища. Длина водохранилища – 80 км, средняя ширина - 11.25 км, средняя глубина - 6.33 м, максимальная глубина у плотины – 22 м. Площадь мелководий ($h < 2.0 \text{ м}$) – 175 км^2 .

Площади водного зеркала, соответствующие этим объемам, колебались: при отметке НПУ от 742.9 км^2 до 900 км^2 , а при отметке УМО от 240.3 до 290.0 км^2 .

Из сказанного, можно сделать вывод, что за 21 год эксплуатации (с 1965 по 1986 годы) емкость водохранилища сократилась (против проектной) на 550 млн. м^3 , при неизменном мертвом объеме. Это обстоятельство говорит о том, что утеряна наиболее ценная, полезная емкость водохранилища.

Учитывая достаточную многоводность второй половины 1980-х годов и все 1990-е годы, можно предположить, что к 2000 году потери полезной емкости Шардаринского водохранилища приближаются к 1 млрд. м^3 .

Для более точного определения топографических характеристик необходимо проведение новых изысканий, включающих батиметрическую съемку и, лучше всего, при переполненном водохранилище.

В соответствии с данными 1986 года площадь мелководий (с глубинами менее 2-х м), которая наиболее эффективно участвует в процессах соленакопления

и солепереноса, составляет 121 км². Суммарные потери воды из Шардаринского водохранилища колеблются от 0,45 до 0,61 км, составляя, в среднем, 0,49-0,55 км³ в год, это около 10 % от емкости водохранилища и порядка 5 % от объемов стоков, поступающих в водохранилище в маловодный год.

Потери воды на фильтрацию через тело Шардаринской намывной плотины колеблются от 15 до 31 млн. м³ в год, но они не являются безвозвратными, так как дренажные воды, вместе с потерями через основание плотины, поступают обратно в р. Сырдарию. Безвозвратную часть фильтрационных потерь в левый борт водохранилища (водораздел между р. Сырдарией и Арнасайской впадиной, сложенный мелкозернистыми песками) можно, весьма ориентировочно, оценить в 13,2 млн. м³ в год. Правый борт водохранилища сложен третичными глинами с очень низкими фильтрационными свойствами. Значительного повышения минерализации, дренируемой телом плотины воды, не наблюдается (до 1,5 г/л).

Бугуньское водохранилище

Водоохранилище расположено в Южно-Казахстанской (Шымкентской) области Республики Казахстан в 80 км от г. Шымкента. Оно построено в 1958-1963 годах по проекту Казгипроводэлектро в долине р. Бугунь и предназначено для полного сезонного регулирования стока р. Бугунь и частичного регулирования стока р. Арысь (правобережных притоков р. Сырдарии) для целей ирригации.

Бугуньское водохранилище образовано двумя однородными насыпными плотинами: основной – в русле р. Бугунь и другой, перекрывающей Каражантакское понижение, так называемой Каражантакской дамбой. Водоохранилище эксплуатируется с 1960 года, а в постоянную эксплуатацию введено в 1967 году. Полная ёмкость Бугуньского водохранилища определена технико-экономическим расчетом, исходя из топографических возможностей чаши, и составляет 370 млн. м³, что соответствует отметке НПУ - 59.75 м. Мертвый объём водохранилища составляет 7 млн. м³ (отметка УМО - 48.5 м). Средняя глубина водохранилища при отметке НПУ - 5.8 м. Площадь водного зеркала, при отметке НПУ, равна 64 км².

Выводы.

Основные результаты проведенного исследования:

1. Произведена оценка современных ресурсов поверхностных вод в бассейне р. Сырдария, необходимая для решения стратегических задач водопользования характеристик годового стока.
2. Изучена гидрографическая сеть рассматриваемого района.
3. Изучены характеристики гидрологического режима рек.
4. Проведен анализ гидрологической изученности рассматриваемой территории

Список цитированных источников

1. Surface water resources of the USSR. Basic hydrological characteristics (for 1963-1970 and the entire observation period). The pools of the Irtysh, Ishim, Tobol. (1977). Leningrad: Gidrometeoizdat, 383 p. <http://www.cawater-info.net/library/ussr-water-resources.htm>

2. Surface water resources of the USSR. Basic hydrological characteristics (for 1971-1975 and the entire observation period). The pools of the Irtysh, Ishim, Tobol. (1980). Leningrad: Gidrometeoizdat, 291 p. <http://www.cawater-info.net/library/ussr-water-resources.htm>
3. State Water Cadastre of the Republic of Kazakhstan. Long-term data on the regime and resources of land surface waters. The pools of the Irtysh, Ishim, Tobol. (1987). Leningrad: Gidrometeoizdat, 467 p. <http://www.hydrology.ru/sites/default/files/docs/biblioteka/mds.xls>
4. State Water Cadastre of the Republic of Kazakhstan. Long-term data on the regime and resources of land surface waters of 1981-1990. Irtysh, Ishim, Tobol river basins. (2002). Almaty: Ministry of Environmental Protection of The Republic of Kazakhstan, 284 p. <http://www.hydrology.ru/sites/default/files/docs/biblioteka/mds.xls>
5. State water Cadastre of the Republic of Kazakhstan. Long-term data on the regime and resources of land surface waters, 1991-2000. The basins of the Irtysh, Ishim, Tobol rivers. (2004). Almaty: Ministry of Environmental Protection of The Republic of Kazakhstan, 171 p. <http://www.hydrology.ru/sites/default/files/docs/biblioteka/mds.xls>
6. State water Cadastre of the Republic of Kazakhstan. Long-term data on the regime and resources of land surface waters, 2001-2010. The basins of the Irtysh, Ishim, Tobol rivers. (2017). Almaty: Ministry of Ministry of Energy of The Republic of Kazakhstan, 266 p.
7. Ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана: 2019 год. – Министерство экологии, геологии и природных ресурсов (РГП «Казгидромет»). Нур-Султан, 2020. – 62 с.
8. FAO and UN Water. 2021. Progress on Level of Water Stress. Global status and acceleration needs for SDG Indicator 6.4.2, 2021. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb6241en>
9. Руководство по водным ресурсам и адаптации к изменению климата. Европейская экономическая комиссия. Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер. Организация Объединенных Наций. Нью-Йорк и Женева. – 2009. – 144 с.
10. Современные глобальные изменения природной среды. Т.1. – М.: Научный мир, 2006. – 696 с.
11. Shaomin Yan and Guang Wu Fitting Atmosphere Temperature of 20th Century in 49 European Capitals using Random Walk Model (2021) IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 658 012037. doi:10.1088/1755-1315/658/1/012037.