



Оценка гидроэкологического состояния дельты реки Сырдарья

Динара Арыстамбекова^{1*}, Нильс Тевс², Мадина Турсумбаева¹

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

²Международный исследовательский центр агролесоводства (ICRAF), Бишкек, Кыргызстан.

* для корреспонденции: d_arystambekova@mail.ru

Данная версия является переводом статьи « Assessment of the hydroecological state of the Syrdarya delta», опубликованной в журнале 1 октября 2019 г.

MPNТИ 37.27.33

doi: 10.29258/CAJWR/2019-R1.v5-1/49-62.rus

Аннотация

Формирование новой дельты реки Сырдарья началось после катастрофического снижения уровня воды в конце 20-го века. Современная дельта реки расположена на территории Казалинского и Аральского районов Кызылординской области. В настоящей статье оценивается ее гидроэкологическое состояние. Для оценки гидрологических и экологических характеристик дельты Сырдарьи использовались данные с гидропостов Каратерень и Казалинск. В статье приводятся данные по ряду гидроэкологических показателей, таких как уровень воды, годовой сток, площадь дельты, минерализация воды, содержание в воде взвешенных веществ и меди, а также биохимическое потребление кислорода (БПК₅) в реке в сравнении со значениями предельно допустимых концентраций (ПДК).

Ключевые слова: Сырдарья, дельта, загрязнение, уровень воды, минерализация.

Тип статьи: обзорная статья

1. Введение

В 1960 г. Аральское море являлось четвертым по площади зеркала бессточным водоемом в мире (Миклин, 2014b). Эксплуатация его ресурсов обеспечивала широкие возможности для развития крупномасштабной рыболовной промышленности; по нему проходили основные региональные транспортные маршруты. Аральское море было местом масштабного промышленного рыболовства (Micklin, 2014a; Plotnikov et al., 2014a). Обширные дельты рек Сырдарья и Амударья характеризовались разнообразием флоры и фауны и использовались для орошаемого земледелия, животноводства, охоты и звероловного промысла, рыболовства и заготовки тростника. Начиная с 1960-х гг. в результате неустойчивого наращивания сельскохозяйственного производства – что

привело к значительному сокращению стока двух его основных притоков – Аральское море подверглось процессам быстрого обмеления и засоления. Сырдарьинский бассейн является одним из двух основных бассейнов, связанных с бассейном Аральского моря в Центральной Азии. Его площадь составляет 402 760 км² и разделена между четырьмя странами бывшего Советского Союза: Кыргызстаном, Узбекистаном, Таджикистаном и Казахстаном (Olxana et al., 2003).

В результате сокращения речного стока, исчезновения весенних паводков и снижения уровня грунтовых вод богатому биоразнообразию дельт Амударьи и Сырдарьи был причинен значительный ущерб, что привело к расширению масштабов опустынивания (Миклин, 2014b; Миклин, 2000). Скопление солей привело к формированию на поверхности почвы плотной корки, что практически исключало произрастание в таких зонах какой-либо растительности. Массивы уникальных тугайных лесов вдоль основных и второстепенных водотоков также резко сократились. Высыхание дельт привело к существенному уменьшению площади озер, водно-болотных угодий и связанных с ними тростниковых сообществ (Indoitu, 2015). В свою очередь, эти процессы содействовали стремительному сокращению числа видов млекопитающих и птиц. Сильные ветры, выдувающие песок, соль и пыль с обмелевшего дна Арала на окружающие его земли, продолжают причинять вред естественной растительности, сельскохозяйственным культурам, а также диким и домашним животным (Indoitu, 2015). По мере отступления моря все большая часть его высохшего дна подвергается воздействию более частых и интенсивных пыльных бурь, которые переносят соли химических веществ в форме частиц и аэрозоля; иногда они охватывают территорию более 100 000 км² и перемещаются более чем на 500 км по направлению ветра (Miklin, 2016).

Серьезные экологические проблемы в регионе обусловлены чрезмерной эксплуатацией водных ресурсов в сельскохозяйственных целях. С 1960-х гг. наблюдается значительное сокращение стока реки Сырдарьи в Аральское море, ведущее к беспрецедентному снижению уровня воды в последнем (Olxana et al., 2003). Проблема сохранения природных экосистем и биоразнообразия в долинах и дельтах рек пустынной зоны, включая Сырдарью, весьма актуальна в современных условиях изменения климата, нерационального водопользования и интенсивной экономической деятельности.

Земные экосистемы засушливых районов очень уязвимы. Даже незначительные изменения окружающей среды могут привести к необратимым изменениям в их составе и структуре (Baybulov, 2009).

Крупномасштабное ирригационное развитие долины Сырдарьи, регулирование стока рек Аральского бассейна, превышение допустимых норм сельскохозяйственного производства и отсутствие сбалансированных мер по управлению водными ресурсами привели к нарушению экологического баланса в низовьях Сырдарьи (Budnikova, 2005). Оценка гидроэкологического состояния дельты Сырдарьи очень важна для обеспечения рационального управления водными ресурсами и экологического планирования.

Основная цель настоящей статьи заключается в оценке текущего гидроэкологического состояния дельты реки Сырдарья. Для этого (1) была изучена тематическая литература по гидрологическим характеристикам, таким как уровень воды и сток, площадь дельты и (2) выполнена оценка качества воды по следующим параметрам (минерализация, взвешенные вещества, концентрация меди и биохимическое потребление кислорода (БПК₅)).

Анализ тематических научно-исследовательских работ позволяет обобщить научные материалы и более эффективно оценить текущее гидрологическое и экологическое состояние дельты реки Сырдарья.

2. Район исследования

Проблемы Приаралья хорошо известны во всем мире. Их причиной является нерациональное использование водных ресурсов, усугубленное тем, что Аральское море представляет собой бессточный водоем, отрезанный от мировой системы океанов и морей. Арал, который не так давно был четвертым по величине закрытым морем, сегодня превратился в водоем с уровнем минерализации воды более 60 г/л. Расположенные вокруг него земли подвержены опустыниванию и являются источником пыльных бурь в регионе, где проживает 3 млн человек. До середины 1960-х гг. Аральское море и Приаральский участок побережья реки Сырдарья были экономически богатыми и экологически чистыми регионами. Море и дельта Сырдарьи представляли собой объединенную сбалансированную экосистему (Kipshakbayev et al., 2010).

Река Сырдарья является одной из основных водных артерий, питающих Аральское море. Она берет свое начало за пределами территории Казахстана в горах Центрального Тянь-Шаня в восточной части Ферганской долины. Река образуется слиянием Нарына и Карадарьи. Площадь бассейна составляет 250 870 км² (Amirgaliev, 2007). Общая длина от места слияния до Аральского моря составляет 2 212 км, а от границы Узбекистана до Аральского моря – 1 390 км (Amirgaliev, 2007). В Казахстане у реки есть три притока – реки Келес, Куруккелес и Арыс.

Сырдарья пересекает Кызылординскую область Казахстана с юго-востока на северо-запад. На этом ее отрезке встречаются мелководные косы и отмели. Расположенные вдоль реки Сырдарья и ее притоков пойменные озера на территории аллювиальной равнины древней дельты в настоящее время выполняют роль водоподающих каналов (Veselova et al., 2017).



Рисунок 1. Расположение бассейна Аральского моря в Центральной Азии (Micklin and Aladin, 2008).

Климат в бассейне жаркий и засушливый, определяется значительной удаленностью от водоемов, широтным положением и преимущественно плоским рельефом (Bultekov et al., 2006; Volkov, 1983). Его отличительной особенностью является экстремальный гидротермальный режим, обусловленный усиленным солнечным излучением.

Среднегодовая температура в рассматриваемом районе колеблется от +11,1 до +6,8°C. Средняя температура в январе составляет от -7,0 до -13,5°C, в июле от +28,2 до 26,3°C. По данным метеорологической станции количество осадков в течение года уменьшается с 156 до 91 мм (Bultekov et al., 2006). Характер растительности во многом зависит от режима выпадения осадков и их сезонного распределения.

Равнинная часть Сырдарьинского бассейна представляет собой обширную территорию площадью более 300 000 км² с преимущественно пустынным природным ландшафтом. Эта территория характеризуется небольшим количеством осадков и интенсивным испарением. Речная сеть очень редкая. В дельте реки Сырдарья и в пойменной зоне ее нижнего и среднего течений образовалась заболоченная зона. В дельте расположено более 20 населенных пунктов, в которых проживает примерно 40 тыс. человек (Kipshakbaev et al., 2010). В равнинной зоне бассейна хорошо развито орошаемое земледелие. Ирригационные каналы создают чрезвычайно плотную и разветвленную искусственную гидрографическую сеть, которая переплетается с природной гидрографической сетью и меняет ее в результате осушения естественных водотоков и формирования вместо них новых.

3. Методы

3.1. Гидрологические характеристики

Основные цели настоящей работы заключались в обзоре научных исследований для анализа текущей ситуации в исследуемом районе и сборе данных о гидрологических характеристиках (сток, уровень воды, течение, площадь дельты) дельты Сырдарьи. Для оценки многолетних изменений этих гидрологических характеристик гидрологические данные, главным образом, заимствовались из работы Шинкаренко и Солодовникова (2018 г.) (Shinkarekno and Solodovnikov, 2018) примерно за 25-летний период, начиная с 1990-х гг.

3.2. Характеристики качества воды

Сезонная динамика загрязнения представляет особый интерес для оценки качества поверхностных вод. Для получения представления о динамике загрязнения воды было разработано несколько графиков. Для оценки динамики минерализации, концентраций взвешенных частиц, меди и биохимического потребления кислорода (БПК₅) использовались данные, предоставленные Казахстанским агентством прикладной экологии (КАПЭ).

Для изучения моделей внутригодовой динамики загрязнения дельты реки Сырдарья использовались среднемесячные значения концентраций по вышеупомянутым показателям на Казалинском гидропосту за период с 2001 по 2016 гг. Казалинский гидропост расположен непосредственно в дельте Сырдарьи. Все показатели сравнивались с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) каждого загрязняющего вещества. Данные ПДК были взяты из Бурлыбаев и др. (2018).

4. Результаты исследований и обсуждение

4.1. Гидрологические характеристики

Снижение уровня Аральского моря сопровождалось значительной реорганизацией гидрологических процессов в зоне устья Сырдарьи. В результате уменьшения стока старая необъятная дельта Сырдарьи превратилась в участок транзитного течения. Исчезло разветвляющееся на рукава течение, которое было основной особенностью дельты. Сегодня эту часть долины Сырдарьи можно рассматривать в качестве реликтовой дельты (Шинкаренко и Солодовников, 2018). Ее гидрографическая сеть состоит из основного русла, многочисленных ирригационных каналов и других водных объектов. Формирование новой дельты (по классификации Korotaev, 2012) началось после стабилизации уровня Малого Аральского моря на отметке примерно 42 м. Следует отметить уникальность формирующейся новой дельты реки.

После 1988 г. сток Сырдарьи увеличился, что привело к повышению уровня воды в реке и интенсификации русловых процессов. В результате этого также возросли транспорт и вынос наносов в дельтовую зону (Shonbayeva et al., 2015). Несмотря на

повышение уровня приемного водоема, возрастающий сток наносов ведет к расширению площади дельты. Также после завершения строительства постоянного руслового гидроузла «Аклак» стали возможными устойчивое обводнение дельты и пропуск транзитных расходов воды в Северное Аральское море (САМ). Отличительной особенностью дельтовой системы Сырдарьи является то, что в отличие от Амударьинской дельты, обладающей центральным регулятором в виде Междуреченского водохранилища, первая завершается САМ, которое аккумулирует весь сток реки после его прохождения через дельту (Dukhovny, 2017).

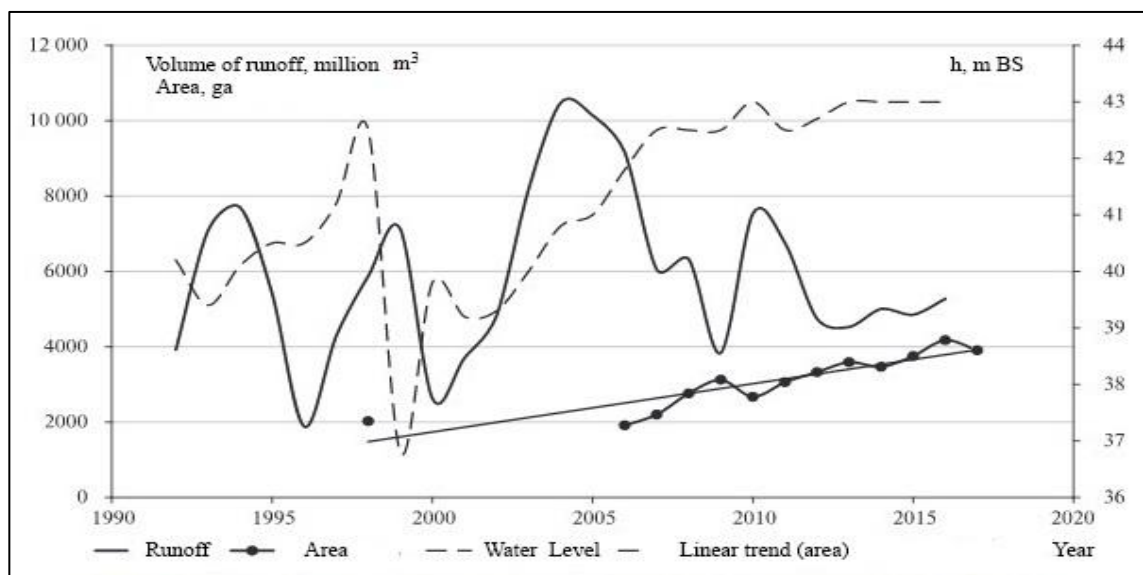


Рисунок 2. Изменения годового стока реки Сырдарья по гидрологическому посту Каратерень (Shinkarenko and Solodovnikov, 2018), уровня САМ (Dukhovnyi, 2017) и площади дельты (Shinkarenko, 2018).

Рис. 2 показывает, что площадь дельты реки подвержена изменениям с общей тенденцией к увеличению. Внимание привлекает период с 2009 по 2011 гг., поскольку после половодья 2010-2011 гг. площадь дельты незначительно уменьшилась в сравнении с 2009 г. Аналогичная ситуация наблюдалась в 2016-2017 гг. В многоводные годы баланс осадочных отложений в регионе устья Сырдарьи становится отрицательным из-за усиленного течения (включая твердые отложения) через Кокаральскую плотину. Площадь дельты увеличилась с 2 025 га в 1998 г. до 3 905 га в 2017 г. Изменения в течении Сырдарьи и соответствующие колебания уровня моря в 2006-2017 гг. несомненно влияют на точность определения площади дельты (Рис. 3). Тем не менее, увеличение ее площади не вызывает сомнений (Shinkarenko and Solodovnikov, 2018).

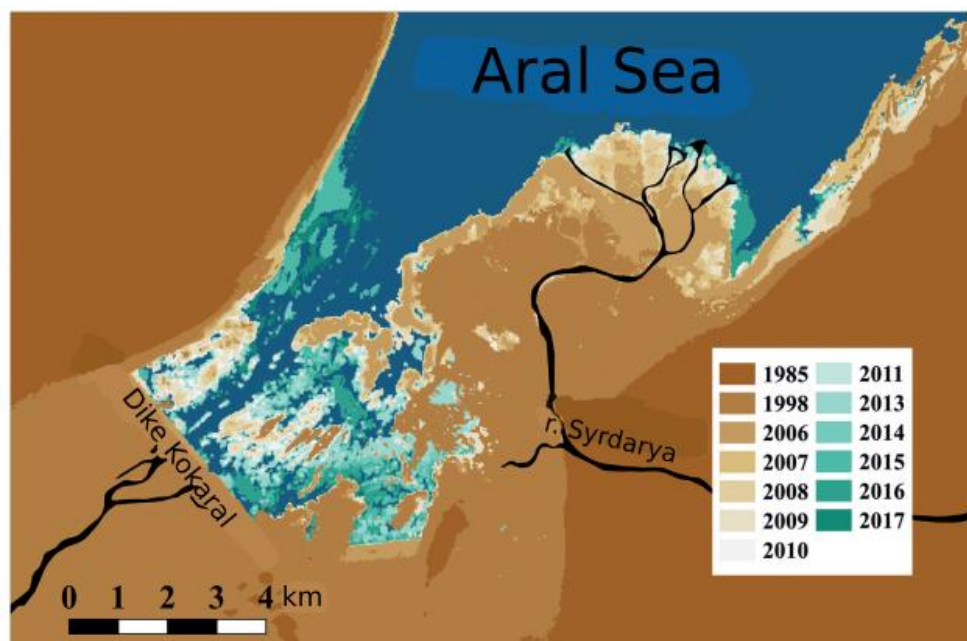


Рисунок 3. Схематическое отображение изменений береговой линии Северного Аральского моря в дельте Сырдарьи (Shinkarenko and Solodovnikov, 2018).

Сравнительный анализ пойменных земель демонстрирует степень их преобразования в течение указанного периода (Таблица I).

Таблица I. Сравнительный анализ пойменных земель (тыс. га) (Кипшакбаев, 2010).

Наименование	Параметры, тыс. га	
	1960	1990
Общая площадь дельты	750,0	1100,0
включая: обмелевшее дно Аральского моря	-	350,0
Озера, используемые для рыболовства	69,1	32,5
Небольшие (не используемые для рыболовства) озера	6,7	2,2
Водно-болотные угодья	51,9	56,7
Тугайные леса и кустарники	21,0	16,5
Осушительная сеть	5,6	8,0
Сельскохозяйственные угодья	273,0	253,0
Другие малоиспользуемые земли	322,7	381,1

До начала регулирования стока в состав флоры низовьев Сырдарьи входило примерно 170 видов высших растений из 46 семейств. К 1980 г. флора нижней дельты

состояла уже из 97 видов, относящихся к 21 семейству (Budnikova, 2005). Согласно работе Будниковой (2005) (Budnikova, 2005) к 1992 г. в дельте реки Сырдарья сохранилось лишь 96 видов. В результате изменений гидрологического режима и чрезмерного выкашивания произошла качественная реструктуризация сообществ: с 1960 г. площадь тростниковых зарослей уменьшилась в 6-7 раз, урожайность снизилась до уровня пастбищных угодий на водосборных равнинах. Повсеместно на 70-75% сократились площади тростниковых, солодковых, злаковых и разнотравных сообществ. В настоящее время площадь тугайных лесов сократилась почти в 20 раз. В результате обмеления дельты площади основных пастбищных угодий уменьшились на 47%, сенокосов – почти в 3 раза, а площади вторичных и солеустойчивых сообществ увеличились в 4,7 раза (Budnikova, 2005).

4.2. Характеристики качества воды

В Казахстане наибольшая доля в использовании водных ресурсов также приходится на орошение (от 89 до 96%). На основе данных Ассоциации управления водными ресурсами Арало-Сырдарьинского бассейна Shomantayev (2001) указывает, что в казахстанской зоне бассейна Сырдарьи насчитывается 1 476 водопользователей, из которых 970 находятся в Южно-Казахстанской области и 506 – в Кызылординской. Для удовлетворения различных экономических нужд из бассейна Сырдарьи ежегодно забирается примерно 12 000 млн м³ воды, в том числе 9 600 млн м³ или 80% для орошения.

В казахстанской части бассейна Сырдарьи находится 6 ирригационных массивов общей площадью 772 246 га (Amirgaliev, 2007). По данным Kipshakbayev (2004) общий объем образовавшихся на территории Казахстана в 1995 г. коллекторно-дренажных вод составил 1 580 млн м³. Примерно 1 300 млн м³ коллекторно-дренажных вод сформировалось в Южно-Казахстанской области, а оставшиеся 280 млн м³ – в Кызылординской области. Примерно 900 млн м³ из общего количества коллекторно-дренажных вод сбрасывается в бассейн реки Сырдарья, а остальная часть направляется в природные впадины или частично используется повторно. Как правило, возвратные воды с орошаемых земель содержат повышенные концентрации минеральных солей, остатков азотно-фосфорных удобрений, пестицидов и других токсичных веществ, которые существенно загрязняют речные воды (Amirgaliyev, 2007).

Минерализация воды является одним из наиболее важных гидрохимических параметров, отражающих как генетические особенности формирования состава природных вод, так и их питьевые, технические и ирригационные свойства (Рис. 4). Исследование ее режима особенно важно для реки Сырдарья, поскольку ее водные ресурсы всесторонне используются во всех секторах экономики, и она подвергается загрязнению коллекторно-дренажными и другими сточными водами как в Казахстане, так и на территории соседних стран (Burlybaev et al., 2018).

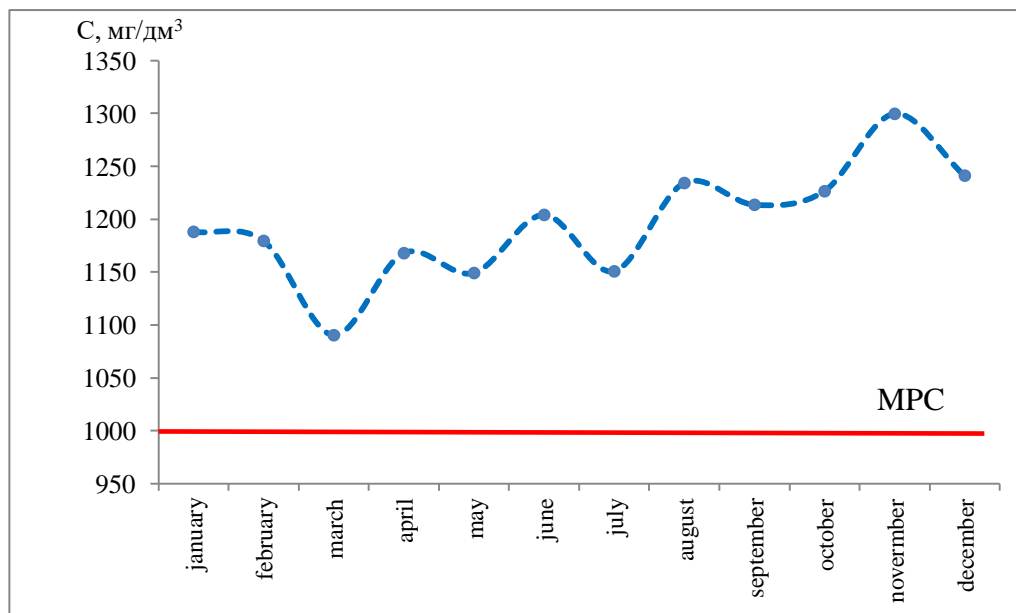


Рисунок 4. Внутригодовое изменение минерализации воды в реке Сырдарья в период с 2001 по 2016 гг. (город Казалинск).

Как показано на Рис. 4, внутригодовое изменение минерализации демонстрирует неравномерное распределение в течение года. Среднее значение за период с 2001 по 2016 гг. составляет $1\ 196\ \text{мг/дм}^3$, что превышает ПДК в 1,2 раза. Максимальный уровень минерализации ($1\ 300\ \text{мг/дм}^3$) наблюдается в ноябре, а минимальный ($1\ 090\ \text{мг/дм}^3$) – в марте. Это может быть обусловлено влиянием стока коллекторно-дренажных вод в речную и оросительные системы, расположенные в верховьях. Внутригодовое содержание взвешенных частиц также проанализировано в течение выбранного периода с 2001 по 2016 гг. (Рис. 5).

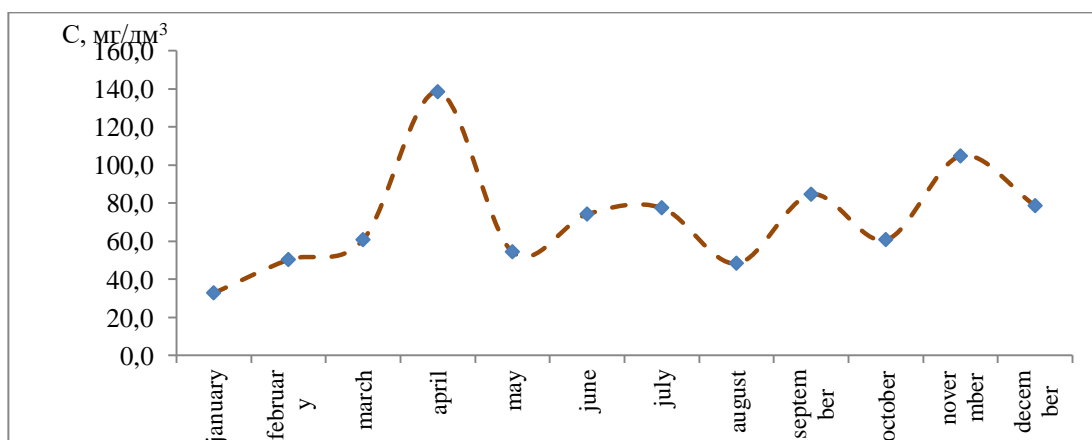


Рисунок 5. Внутригодовое изменение содержания взвешенных веществ в реке Сырдарья в период с 2001 по 2016 гг. (город Казалинск).

Содержание взвешенных веществ обуславливается объемом стока, а также рядом неуставленных факторов.

Органические вещества всегда содержатся в природной воде. Как правило, для оценки качества воды, характеризующего общее содержание органических веществ в ней, используется показатель биохимического потребления кислорода БПК₅ (Рис. 6).

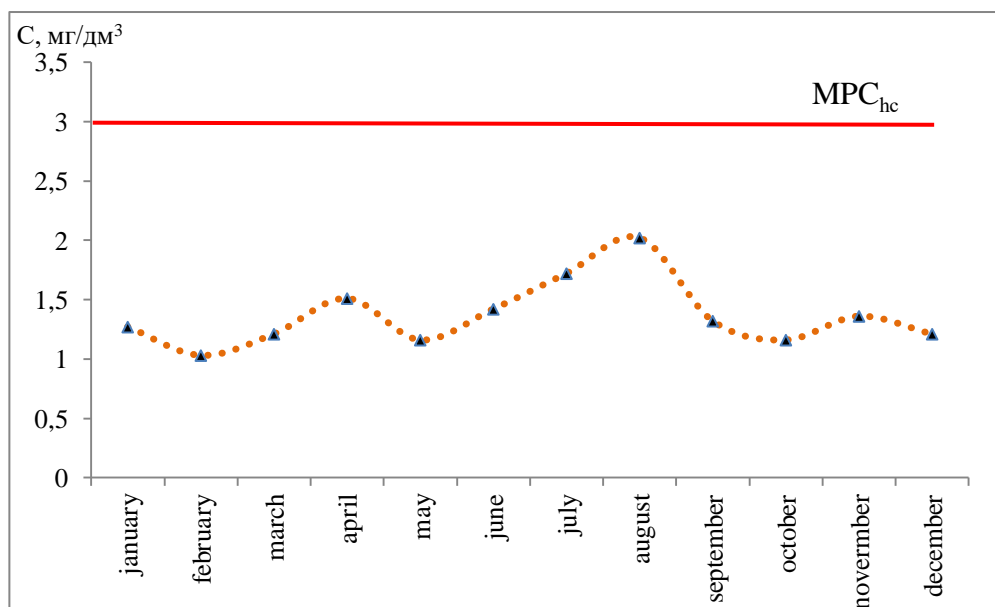


Рисунок 6. Внутригодовое изменение БПК₅ в реке Сырдарья в период с 2001 по 2016 гг. (город Казалинск).

В точке расположения гидропоста значение БПК₅ не превышало уровень ПДК по рыбохозяйственным и бытовым критериям (ПДК_f и ПДК_{hc}). В дополнение к вышеуказанным показателям качества воды специалистами КАПЭ были проведены исследования (Бурлыбаев и др., 2018) для определения превышения допустимых стандартов содержания тяжелых металлов. Однако для искомого гидропоста за рассматриваемый период полные данные доступны только по меди (Рис. 7).

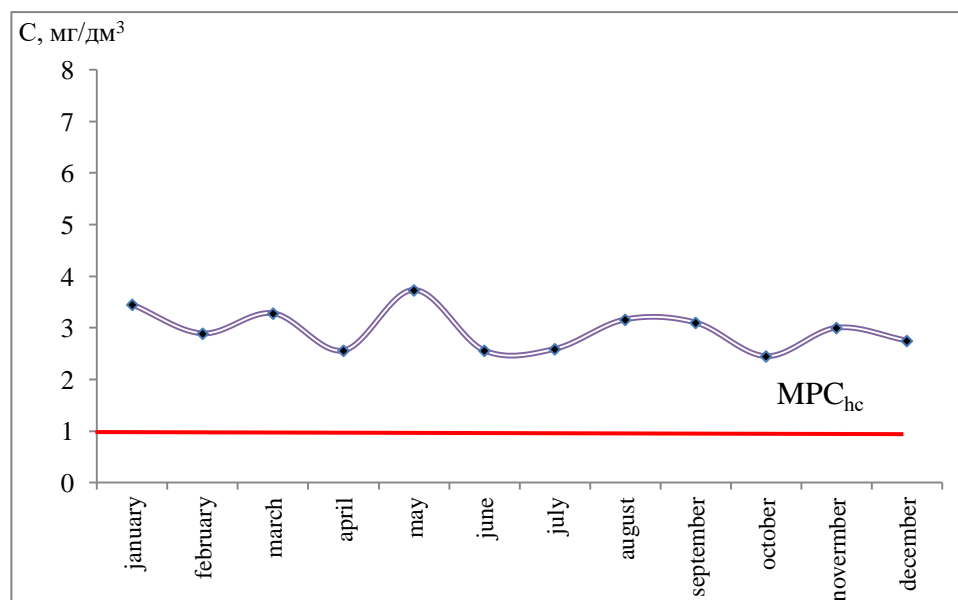


Рисунок 7. Внутригодовое изменение содержания меди в реке Сырдарья в период с 2001 по 2016 гг. (город Казалинск).

Как показано на Рис. 7, концентрация меди постоянно превышает допустимые нормы в среднем на $2,96 \text{ мг/дм}^3$ (3 ПДК). Повышенное содержание меди в воде указывает на то, что основным источником загрязнения является антропогенный фактор: коллекторно-дренажные стоки, металлургическое производство и бытовые отходы (MetalMininginfo, 2016).

5. Заключение

По данным, полученным с гидропоста Казалинск, превышение норм минерализации в среднем составляет 1,2 ПДК. Наблюдаемый повышенный уровень солености воды в нижней части реки обусловлен (1) поступлением в речную сеть коллекторно-дренажных вод, а также (2) подпиткой реки солеными подземными водами. Значения БПК₅ не превышали уровень ПДК для соответствующего периода. Сезонные изменения преимущественно зависят от температурных колебаний и от первоначальной концентрации растворенного кислорода. Средняя концентрация меди в воде постоянно превышает допустимые нормы, в среднем на 3 пункта. Течение реки Сырдарья содержит медь (тяжелый металл) с превышением стандартных норм, что приводит к ее аккумуляции и изменению состава воды как в Шардарьинском водохранилище, так и в низовьях реки в целом. Таким образом, медь является одним из основных источников загрязнения водных экосистем.

Колебание солености воды и содержания взвешенных веществ в реках бассейна соответствует изменениям речного стока на протяжении года. В период паводков и во время попусков концентрации природных солей в реке снижаются. В то же время

определенное количество солей поступает из засоленных почв с поверхностным стоком. Кроме того, источником солей могут служить минерализованные подземные воды, поступающие в русла рек из прилегающих к ним дренажных зон речных бассейнов, и коллекторно-дренажные воды.

Таким образом, формирование гидрохимического режима и показателей качества воды в низовьях реки происходит под влиянием обратного стока с орошаемых земель и промышленных и бытовых сточных вод, попадающих в речную сеть как в среднем, так и в нижнем течении Сырдарьи.

Нехватка водных ресурсов в испытывающих их дефицит регионах требует все более тщательного изучения этого вопроса в целях прогнозирования возможных негативных последствий как для человека, в частности, так и для разных экосистем в целом. В ближайшем будущем значительные изменения гидрологического и гидрохимического режимов водоемов могут стать возможными только в результате изменений в экономической деятельности на территории Казахстана и соседних стран. В случае роста промышленного и сельскохозяйственного производства в соседних государствах объем коллекторно-дренажных и сточных вод, поступающих в трансграничные водоемы, будет неизбежно увеличиваться, что, в свою очередь, приведет к увеличению загрязнения рек.

Список источников

1. Amirgaliev, N.A., 2007. "Aral - Syrdarya basin: (hydrochemistry, problems of aquatic toxicology)", *Almaty: Publishing House "Bastau" LLP*, 224 p.
2. Baybulov, A.B., 2009, "Assessment of the current state of the vegetation of the valley and the delta of the Syrdarya River using GIS technologies", *Abstract of research for candidates for biology sciences*, pp.3 – 4.
3. Budnikova, T., 2005, "Ocenka ekologicheskogo i ekonomicheskogo usherba deltovykh geosystem reki Syrdarya v rezultate nesbalansirovannogo prirodopolzovanya [Assessment of the environmental and economic damage to the Syrdarya delta geosystems as a result of unbalanced use of natural resources]". *Poisk*, 4, pp. 180 -183. (In Russian).
4. Bultekov N.U., Eserkepova I.B, Kozhakhmet P.Zh., Pimankina N.V., Seversky I.V., 2006, "Klimat // Respublika Kazakhstan" [Climate // Republic of Kazakhstan]". Volume 1. *Natural conditions and resources*, Almaty, pp. 215 - 235. (In Russian).
5. Dukhovny V.A., 2017, "Aralskoe more i Priaralie. Obobshenie rabot NIC MKVK po monitoringu sostoyanya i analizu situacii [The Aral Sea and the Aral Sea. Generalization of SRC ICWC work on condition monitoring and situation analysis] ". Tashkent, Baktria Press, 123, p. 2. (In Russian).
6. Indoitu, R., Kozhoridze, K., Batyrbaeva, M., Vitkovskaya, I., Orlovsky, N., Blumberg, D., Orlovsky, L., 2015, "Dust emission and environmental changes in the dried bottom of the Aral Sea", *Aeolian Research*, Vol. 17, pp. 101-115.

7. Kipshakbayev, N., De Shoutter, J., Dukhovny, V., Malkovsky, I., Ogar, N., Haibullin, A., Yapruntsev, V., Tuchin, A., Yakhyaeva, K., 2010, *Ecosystem Restoration in the Syrdarya Delta and Northern part of the Aral Sea*, Almaty, Publishing house “Evero”, 217 p.
8. Kipshakbayev, N.K., 2004, *Regional problems of water management*, Almaty, RPC Daur LLP, 466 p.
9. Korotaev, V.N., 2012, “Ocherki po geomorfologii beregovykh i ustievnykh sistem: Izbrannye Trudy” [Essays on the geomorphology of coastal and estuarine systems: Selected Works], Faculty of Geography, Moscow State University, 540 p. (In Russian).
10. MetalMininginfo, 2016, “V Kyzylordinskoj oblasti nachato stroitel'stvo GOK «Shalkija»” [The construction of the Shalkiya GOK has begun in the Kyzylorda Oblast] Available at: <http://metalmininginfo.kz/archives/3566>.
11. Micklin, P., 2000, “Managing Water in Central Asia”, *The Royal Institute of International Affairs, London*.
12. Micklin, P. and Aladin N., 2008, “Reclaiming the Aral Sea. Scientific American, Vol. 298, No. 4, pp. 66.
13. Micklin, P., 2014a, Aral Sea Basin Water Resources and the Changing Aral Water Balance. In Micklin, P, Aladin, N, Plotnikov, I (eds.), “The Aral Sea: The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great lake”. Springer, Heidelberg, pp.111-137.
14. Micklin, P., 2014b, Introduction. In Micklin, P, Aladin, N, Plotnikov, I (eds.), “The Aral Sea: The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great lake. Springer, Heidelberg, pp. 1-11.
15. Micklin, P., 2016, “The Future Aral Sea: Hope and Despire”, *Environmental Earth Science*, Vol.75, No. 9, pp. 1-15.
16. Oxana, S., Savoskul, Elena V., Chevnina, Felix I., Perziger, Ludmila Yu., Vasilina, Viacheslav L., Baburin, Alexander I., Danshin, A.I., Bahtiyar Matyakubov, Ruslan R. Murakaev, 2003, “Water, Climate, Food, and Environment in the Syr Darya Basin”, Available at: <http://www.weap21.org/downloads/adaptsyrdarya.pdf>.
17. Plotnikov, I., Aladin, N., Ermakhanov, Z., Zhakova, L., 2014, “Biological Dynamics of the Aral Sea Before Its Modern Decline (1900–1960)”, pp. 41-47. In Micklin, P, Aladin, N, Plotnikov, I (eds.), “The Aral Sea: The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great lake”, Springer, Heidelberg, pp. 131-171.
18. Burlibayev M. Zh., Dyusenova Zh.A., Linnik A.S., Smirnova DA, Burlibayeva V.N., Orlova I.V., Marynich OV, Stogova L.L., 2018, “Nekotorye aspekty gidroecologicheskikh problem Kazakhstana: sbornik nauchnykh trudov KAPE [Some aspects of the hydroecological problems of Kazakhstan: a collection of scientific papers KAAE”, issue 2. - Almaty: ed. "Kaganat". - 488 p. (In Russian).
19. Shinkarenko, S.S., Solodovnikov, D.A., 2018, “Phormirovanie novoy delty Syrdaryi [Formation of a new delta of the Syrdarya].” *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa [Modern problems of remote sensing of the Earth from space]*. Vol.15, No. 2, pp. 267-271. (In Russian).

-
20. Shomantayev, A.A., 2001, “Anthropogenic impacts on the quality of natural waters in the lower reaches of the Syrdarya River”, *Bulletin of Agricultural Science of Kazakhstan*, No. 2, pp. 37 - 39.
 21. Shonbayeva, G. A., Shayanbekova, B. R., Balmakhanov, A. A., Nauryzbayev, R., 2015, “Analys processov razmyva i zailenya rusla nizovya reki Sydarya [Analysis of the processes of erosion and sedimentation of the bed of the lower reaches of the Syrdarya River].” *Nauka i mir [Science and World]*, No. 3, pp. 97–99. (In Russian).
 22. Veselova P.V., Kudabaeva G.M., Nelina N.V., Bilibaeva B.K., Osmonali B.B., 2017, “Antropophilnyi element flory pustynnoi chasti doliny reki Syrdarya (Kyzylordinskaya oblast) [Anthropophilic flora element of the desert part of the valley r. Syrdarya (Kyzylorda region), *Proceedings of the Institute of Botany and Phyto-production*, Vol.23, No. 7, 29 p. (In Russian).
 23. Volkov, A.I., 1983, “Climate”, *Soils of the Kazakh SSR*, Issue 14, Kyzyl - Ordinsk region, Alma-Ata, pp. 15 - 23.