

УДК: 556.52(282)

*Рахимова М.Н., PhD, ведущий специалист НИЦ МКВК, Ташкент, Узбекистан*

*Чембарисов Э.И., д.г.н., проф. главный научный специалист Научно-исследовательского института ирригации и водных проблем, Ташкент, Узбекистан*

## **ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО И ГИДРОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДЫ Р.СЫРДАРЬЯ ПО ДЛИНЕ РЕКИ С УЧЕТОМ АНАЛИЗА ОПУБЛИКОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

**Аннотация.** В данной статье приводится обзор некоторых научно-исследовательских работ, посвященных изучению современного гидрологического и гидрохимического состояния воды р.Сырдарья по длине реки. В этих публикациях приводятся данные по изменению уровней и расходов воды, а также по изменению химического состава и величине минерализации воды на различных гидростаях по длине реки. В заключительной части публикации приводятся практические рекомендации, подчёркивающие необходимость совершенствования системы мониторинга водных ресурсов р.Сырдарья, рационального управления водным режимом и разработки мер по снижению антропогенной нагрузки на водные экосистемы бассейна реки.

**Ключевые слова.** Река Сырдарья, гидрологический и гидрохимический режим, современные данные.

*Rakhimova M.N., PhD, Leading Specialist, Scientific Center for Interregional Water Coordination, Tashkent, Uzbekistan*

*Chembarisov E.I., Doctor of Geographical Sciences, Professor, Chief Researcher, Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems*

## **REVIEW OF THE CURRENT HYDROLOGICAL AND HYDROCHEMICAL STATUS OF THE SYR DARYA RIVER WATER**

## ALONG THE RIVER, TAKING INTO ACCOUNT AN ANALYSIS OF PUBLISHED SOURCES

**Abstract.** This article provides an overview of selected research studies devoted to the current hydrological and hydrochemical status of the Syr Darya River water along the river. These publications present data on changes in water levels and discharges, as well as changes in the chemical composition and mineralization of water at various gauging stations along the river. The final section of the publication provides practical recommendations emphasizing the need to improve the Syr Darya River water resource monitoring system, rationally manage the water regime, and develop measures to reduce anthropogenic loads on aquatic ecosystems in the river basin.

**Keywords** The Syr Darya River, hydrological and hydrochemical regime, current data.

**Введение.** Река Сырдарья является одной из крупнейших водных артерий Центральной Азии и играет ключевую роль в формировании водных ресурсов региона, обеспечивая водоснабжение, орошение сельскохозяйственных земель, а также поддержание экологического равновесия в бассейне Аральского моря. Водные ресурсы реки активно используются в хозяйственной деятельности государств бассейна, что оказывает значительное влияние на её гидрологический режим и качество водной среды. В современных условиях возрастающей антропогенной нагрузки и климатических изменений вопросы оценки гидрологического и гидрохимического состояния реки приобретают особую актуальность.

Гидрологический режим реки Сырдарья характеризуется сложной сезонной динамикой стока, формирующегося преимущественно за счет снего-ледникового питания в горных районах Тянь-Шаня. Наибольшие объемы стока традиционно наблюдаются в весенне-летний период, когда происходит интенсивное таяние снежников и ледников, тогда как в осенне-

зимний период водность реки существенно снижается. В современных условиях естественный режим стока значительно трансформирован вследствие регулирования реки крупными водохранилищами, включая Токтогульское водохранилище, Кайраккумское водохранилище и Чардаринское водохранилище, которые выполняют функции сезонного перераспределения водных ресурсов, гидроэнергетики и обеспечения ирригации. В результате регулирования стока и значительных водозаборов на орошение наблюдаются изменения внутригодового распределения расходов воды, снижение стока в нижнем течении и увеличение межгодовой изменчивости водности. Эти процессы оказывают существенное влияние на гидрологические характеристики реки и формирование гидрохимического состава воды по длине ее течения.

Гидрохимическое состояние воды реки определяется комплексом показателей, включающих ионный состав, содержание биогенных веществ, органических соединений и тяжелых металлов. Систематические наблюдения за качеством поверхностных вод в регионе позволяют отслеживать динамику этих параметров и выявлять тенденции изменения экологического состояния водных объектов. В частности, в рамках гидрохимического мониторинга проводится анализ таких компонентов, как минерализация, жесткость, концентрации основных ионов, соединений азота и фосфора, а также ряда микроэлементов и загрязняющих веществ.

**Цель исследования** является обзор современного гидрологического и гидрохимического состояния воды реки Сырдарья по длине её течения на основе анализа опубликованных научных исследований и данных мониторинга. Реализация данной цели предполагает систематизацию существующей научной информации, выявление пространственных особенностей изменения качества воды, а также определение основных тенденций и факторов, влияющих на состояние речной экосистемы.

## **Обзор некоторых имеющихся публикаций по современному гидрологическому и гидрохимическому состоянию воды р.Сырдарья по длине реки.**

В 2011 г. Б.Х.Гаппаров, И.Ф.Беглов, А.М.Назарий провели исследования по комплексной оценке качества поверхностных вод в бассейнах рек Амударья и Сырдарья. В данном отчете обобщены результаты многолетних наблюдений за гидрохимическими характеристиками водных объектов региона и дана оценка основных тенденций изменения качества воды под воздействием природных и антропогенных факторов. Согласно данным отчёта, качество воды в бассейнах крупнейших рек Центральной Азии характеризуется выраженной пространственной изменчивостью. В верхних частях бассейнов, где формируется основной речной сток, вода отличается сравнительно низкой минерализацией (до 0,6-0,7 г/л) и благоприятным гидрохимическим составом.

Одной из наиболее характерных особенностей гидрохимического режима рек региона является увеличение минерализации воды вниз по течению. В бассейне Сырдарьи среднемноголетние значения минерализации в верхнем течении составляют около 600–700 мг/л, тогда как в нижнем течении этот показатель может превышать 1200–1400 мг/л. Аналогичная тенденция наблюдается и в бассейне Амударьи, где минерализация возрастает с примерно 700 мг/л в верховьях до 1100–1200 мг/л в нижних участках реки.

Важным аспектом анализа является изменение ионного состава воды по длине рек. В верховьях рек вода преимущественно относится к гидрокарбонатно-кальциевому типу, характерному для горных рек с ледниково-снеговым питанием. Однако в среднем и нижнем течении наблюдается увеличение доли сульфатных и хлоридных ионов, что связано с поступлением солей из орошаемых территорий и минерализованных

грунтовых вод. В результате гидрохимический тип воды трансформируется в сульфатно-натриевый или хлоридно-сульфатный.

В целом результаты анализа показывают, что гидрохимическое состояние вод в бассейнах Амударьи и Сырдарьи формируется под воздействием сложного комплекса природных и антропогенных факторов. В верхних горных районах сохраняются относительно благоприятные условия, тогда как в среднем и особенно нижнем течении рек наблюдается ухудшение качества воды. В связи с этим важное значение приобретает развитие системы регионального мониторинга качества воды, совершенствование управления коллекторно-дренажными водами и внедрение водосберегающих технологий в сельском хозяйстве [1; С.26-68].

В 2018 г. Самбаев Н.С. в статье «Оценка гидрологического состояния р.Сырдарья в пределах Кызылординской области» рассматриваются особенности гидрологического режима реки Сырдарья в пределах Кызылординской области одного из наиболее уязвимых участков нижнего течения реки, непосредственно связанного с экологическим состоянием Аральского моря. Основной целью исследования является оценка современного гидрологического состояния реки на основе анализа гидрологических наблюдений и выявление факторов, влияющих на формирование стока в данном регионе. Автор отмечает, что гидрологический режим Сырдарьи в пределах Кызылординской области в значительной степени трансформирован под влиянием антропогенных факторов. В частности, существенное воздействие оказывает интенсивное использование водных ресурсов в бассейне реки для ирригационных нужд. Согласно приведённым данным, ежегодный водозабор из бассейна Сырдарьи составляет около 12 млрд м<sup>3</sup> воды, из которых примерно 9,6 млрд м<sup>3</sup> используется для орошения сельскохозяйственных земель. Это приводит к заметному снижению водности реки в её нижнем течении и изменению естественного распределения стока.

В статье проводится анализ многолетних гидрологических данных, полученных на гидрологических постах нижнего течения реки. На основе этих данных автор рассматривает изменения уровня воды, сезонного распределения стока и межгодовой изменчивости водности. Показано, что в последние десятилетия наблюдается тенденция снижения среднегодовых расходов воды, а также увеличение неравномерности стока в течение года. Подобные изменения связаны как с климатическими особенностями региона, так и с регулированием стока водохранилищами и водозаборами в верхнем и среднем течении реки.

В целом результаты исследования показывают, что современное гидрологическое состояние Сырдарьи в пределах Кызылординской области характеризуется значительной трансформацией естественного режима стока. Основными факторами этих изменений являются интенсивное водопользование в бассейне реки, регулирование стока гидротехническими сооружениями, а также природно-климатические особенности региона. В связи с этим автор подчёркивает необходимость совершенствования системы управления водными ресурсами бассейна Сырдарьи и проведения комплексного мониторинга гидрологического режима реки для обеспечения устойчивого водопользования и сохранения экосистем нижнего течения [2; 95-99].

В 2018 г. Р.И. Гальперин, Д.М. Бурлибаева и Ж.А. Жанабаева в статье «Максимальные уровни и расходы воды р.Сырдарья современных условиях» рассматривают особенности формирования максимальных уровней и расходов воды реки Сырдарья в современных гидрологических условиях. Основной целью исследования является оценка экстремальных гидрологических характеристик реки на основе анализа многолетних наблюдений и статистической обработки гидрологических рядов. В работе уделяется внимание изменениям максимальных расходов воды и уровней

реки, а также вопросам восстановления гидрологических рядов и определения расчетных характеристик редкой повторяемости.

В рамках исследования были проанализированы многолетние ряды наблюдений за максимальными расходами и уровнями воды на гидрологических постах реки. Особое внимание уделено восстановлению неполных или прерванных гидрологических рядов с использованием методов корреляционного анализа и регрессионных зависимостей между гидрологическими постами-аналогами. Такой подход позволил уточнить статистические характеристики экстремального стока и повысить достоверность расчетов.

На основе обработанных данных авторами были рассчитаны значения максимальных расходов и уровней воды различной обеспеченности (1 %, 3 %, 5 % и 10 %). Эти показатели используются при гидротехническом проектировании, оценке паводковой опасности и разработке мероприятий по защите территорий от затопления. Полученные результаты показывают, что величины экстремальных расходов воды могут значительно варьировать в зависимости от гидрологических и климатических условий конкретного года, а также от режима регулирования стока.

В статье также подчеркивается, что в последние десятилетия наблюдается изменение многолетней изменчивости максимальных расходов воды. В ряде случаев отмечается снижение величин экстремального стока, что связано с регулирующим влиянием водохранилищ, перераспределяющих сезонный сток и уменьшающих пики половодья. Вместе с тем в отдельные годы возможны значительные паводки, обусловленные сочетанием гидрометеорологических факторов и особенностями эксплуатации гидротехнических сооружений.

Результаты исследования имеют важное практическое значение для оценки паводковых рисков и управления водными ресурсами бассейна

Сырдарьи. Определение расчетных характеристик максимальных расходов и уровней воды позволяет уточнить параметры гидротехнических сооружений, совершенствовать системы прогнозирования паводков и повышать эффективность мероприятий по защите населённых пунктов и сельскохозяйственных территорий от затопления [3; С.75-82].

В 2019 г. Д. Арыстамбекова, М. Турсумбаева, Н. Тевс провели оценку современных гидрологических и экологических условий функционирования дельты реки Сырдарья, расположенной на территории Кызылординской области в зоне Приаралья. Основной целью исследования является комплексная оценка гидроэкологического состояния дельтовых экосистем на основе анализа гидрологических и гидрохимических показателей, характеризующих современное состояние водных объектов нижнего течения реки.

Авторы отмечают, что формирование современной дельты Сырдарьи связано с существенными изменениями водного режима реки, произошедшими в конце XX века в результате резкого снижения уровня воды в Аральском море. В условиях сокращения притока воды и трансформации русловых процессов произошли значительные изменения гидрологической структуры дельты, включая перераспределение водных потоков, изменение площади водных объектов и деградацию отдельных водно-болотных экосистем.

Для оценки гидроэкологического состояния дельты в исследовании использовались данные гидрологических наблюдений на постах Каратерень и Казалинск, расположенных в нижнем течении реки. Анализ проводился по ряду ключевых показателей, включая уровень воды, годовой объем стока, минерализацию воды, содержание взвешенных веществ, концентрации меди, а также биохимическое потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>). Полученные значения сравнивались с нормативными показателями предельно допустимых концентраций, что позволило

оценить степень антропогенного воздействия на водные экосистемы региона.

Результаты исследования свидетельствуют о том, что гидроэкологическое состояние дельты Сырдарьи в современных условиях характеризуется высокой чувствительностью к изменениям водного режима реки. Для сохранения устойчивости природных систем региона необходимы дальнейшие исследования, направленные на совершенствование мониторинга гидрологических и гидрохимических процессов, а также разработку эффективных механизмов управления водными ресурсами в бассейне реки [4; С.49-62].

В статье Н.Ю. Андрулионис, П.О. Завьялов и А.С. Ижицкий (2022 г.) рассматриваются современные гидрохимические процессы, происходящие в остаточных водоёмах Аральского моря, и анализируется эволюция солевого состава воды в условиях продолжающегося усыхания водоёма. Исследование основано на данных гидрохимических и гидрологических экспедиций, проведённых в 2015, 2016, 2018 и 2019 годах в различных остаточных бассейнах бывшего Аральского моря.

Особое внимание в работе уделяется роли речного притока, прежде всего воды реки Сырдарья, которая в современных условиях является основным источником поступления пресной воды в северную часть бывшего Аральского моря. После разделения водоёма на отдельные бассейны гидрохимические условия в них начали формироваться поразному в зависимости от степени изолированности и наличия притока речной воды. В бассейнах, получающих регулярный приток воды из Сырдарьи, наблюдается относительная стабилизация гидрохимического режима и более низкий уровень минерализации по сравнению с полностью изолированными водоёмами.

Полученные результаты показывают, что в водоёмах, куда поступает вода из Сырдарьи, сохраняется относительно устойчивый ионный состав,

тогда как в изолированных остаточных бассейнах происходят интенсивные процессы испарительного концентрирования солей. Это приводит к значительному росту минерализации и изменению соотношения основных ионов в воде. В статье отмечается, что трансформация солевого состава связана с изменением водного баланса Аральского региона. Сокращение притока воды из рек бассейна, прежде всего Сырдарьи и Амударьи, стало ключевым фактором деградации Аральского моря и формирования современных остаточных водоёмов. Снижение речного стока привело к нарушению естественного гидрологического режима, усилению процессов испарения и накоплению растворённых солей в водной толще [5; С.41-58].

В 2024 г. Э.Чембарисовым и М.Рахимовой была опубликована монография «Река Сырдарья: гидрология и гидроэкология», посвященная комплексному исследованию природных и антропогенных факторов, формирующих современное состояние водных ресурсов реки Сырдарья. В ней рассматриваются особенности формирования стока, гидрологического режима, гидрохимического состава воды, а также экологические последствия интенсивного хозяйственного использования водных ресурсов в бассейне реки. Основной целью исследования является анализ изменений гидрологического и гидроэкологического состояния Сырдарьи в условиях возрастающего антропогенного воздействия и трансформации природной среды.

Особое внимание в ней также уделяется влиянию гидротехнических сооружений на гидрологический режим реки. В частности, отмечается значительная роль таких водохранилищ, как Токтогульское водохранилище, Кайраккумское водохранилище и Чардаринское водохранилище, которые обеспечивают регулирование стока и перераспределение водных ресурсов между энергетическими и ирригационными потребностями стран бассейна. В результате эксплуатации этих гидротехнических объектов произошли существенные

изменения сезонного распределения стока, уменьшение весенне-летних половодий и увеличение зимних расходов воды.

В монографии также рассматриваются гидрохимические особенности воды Сырдарьи. Показано, что по мере продвижения реки вниз по течению происходит постепенное увеличение минерализации воды и изменение её ионного состава. В верховьях реки вода характеризуется преимущественно гидрокарбонатно-кальциевым типом, тогда как в среднем и нижнем течении возрастает содержание сульфатов и хлоридов, что связано с поступлением минерализованных коллекторно-дренажных вод и интенсивным испарением в условиях аридного климата. Эти процессы приводят к ухудшению качества воды и оказывают влияние на экологическое состояние водных экосистем.

Отдельный раздел монографии посвящён гидроэкологическим проблемам бассейна Сырдарьи. Авторы отмечают, что интенсивное развитие орошаемого земледелия, значительные водозаборы и возврат коллекторно-дренажных вод привели к изменению естественного водного режима и ухудшению гидрохимических характеристик воды. Эти процессы оказывают влияние на состояние пойменных экосистем, водно-болотных угодий и дельтовых территорий реки, а также на водный баланс Аральского региона.

В целом результаты исследований, представленные в монографии, показывают, что современное гидрологическое и гидроэкологическое состояние Сырдарьи формируется под воздействием сложного комплекса природных и антропогенных факторов [6; С.12-25].

**Практические рекомендации по улучшению мониторинга гидрологического и гидрохимического состояния воды р.Сырдарьи.** Проведённый анализ показывает, что современное формирование различных уровней и расходов воды Сырдарьи определяется сложным взаимодействием природных и антропогенных факторов. Для повышения

точности гидрологических расчетов и прогнозов необходимы дальнейшие исследования, направленные на совершенствование методов анализа существующих гидрологических характеристик и развитие системы мониторинга водного режима реки.

Устойчивость экосистем дельты во многом зависит от поддержания минимально необходимого водного режима. Снижение объёмов стока приводит к сокращению площади водных поверхностей, ухудшению условий существования водной и прибрежной растительности, а также к усилению процессов засоления и деградации природных комплексов. В связи с этим важное значение имеет разработка комплексных мер по регулированию водного режима и сохранению природных экосистем бассейна Сырдарьи.

**Выводы.** Приведен обзор некоторых современных исследований гидрологического и гидрохимического состояния воды р.Сырдарья по длине реки с учетом анализа опубликованных источников. Анализ опубликованных научных источников позволяет выявить основные закономерности изменения гидрологических и гидрохимических характеристик воды, определить ключевые факторы их трансформации и обозначить существующие экологические проблемы бассейна.

Несмотря на то, что рассмотренные публикации посвящены различным аспектам использования водных ресурсов бассейна Сырдарьи, результаты работ разрознены и требуют их обобщения для комплексной оценки современного состояния водной системы по всей длине реки. В связи с этим дальнейшие исследования гидрологического режима Сырдарьи и его влияния на водный баланс существующих водных объектов имеют важное значение для оценки перспектив восстановления и устойчивого функционирования водных систем региона.

Авторами просмотренных публикаций подчёркивается необходимость совершенствования системы мониторинга водных

ресурсов, рационального управления водным режимом и разработки мер по снижению антропогенной нагрузки на водные экосистемы бассейна реки, они также представляют научный интерес и служат важной основой для дальнейших исследований гидрологического и гидрохимического состояния реки Сырдарья.

#### **Список использованной литературы:**

1. Гаппаров Б.Х., Беглов И.Х., Назарий А.М. Качество воды в бассейнах рек Амударья и Сырдарья. Аналитический отчет.:Ташкент:НИЦ МКВК, 2011, 77 с.
2. Самбаев Н.С. Оценка гидрологического состояния р.Сырдарья в пределах Кызылординской области. Журнал «Вектор Геонаук/Vector of Geosciences» №1(3), 2018, С.95-99.
3. Гальперин Р.И., Бурлибаева Д.М. и Жанабаева Ж.А. Максимальные уровни и расходы воды р.Сырдарья современных условиях. Журнал «Гидрометеорология и экология» №1, 2018, С.75-82.
4. Арыстамбекова Д., Турсумбаева М., Тевс Н. Оценка гидроэкологического состояния дельты реки Сырдарья. Центральноазиатский журнал исследований водных ресурсов №5(1), 2019, С.49-62.
5. Андрулионис Н.Ю., Завьялов П.О. и Ижицкий А.С. Современная эволюция солевого состава остаточных бассейнов Аральского моря. Журнал Океанология том 62, №1, 2022, С.41-58.
6. Чембарисов Э.И., Рахимова М.Н. Река Сырдарья: гидрология и гидроэкология. Ташкент: Изд. «Voris-nashriyot», 2024, 150 с.