

Читать  
онлайн  
Read  
onlineСагдуллаева Б.О.<sup>1</sup>, Гинатуллина Е.Н.<sup>2</sup>, Ташев Р.Х.<sup>3</sup>

## Эколого-гигиеническая оценка реки Кашкадарьи и коллекторной воды в интенсивно орошаемой области Узбекистана

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт санитарии, гигиены и профессиональных заболеваний Министерства здравоохранения Республики Узбекистан, 100056, Ташкент, Республика Узбекистан;

<sup>2</sup>Институт зоологии АН Республики Узбекистан, 100053, Ташкент, Республика Узбекистан;

<sup>3</sup>Кашкадарьинское областное отделение Государственной инспекции «Госводхознадзор» при Министерстве водного хозяйства Республики Узбекистан, 180004, Карши, Республика Узбекистан

**Введение.** В последнее время в орошаемых сельскохозяйственных регионах Узбекистана всё сильнее испытывается дефицит оросительной воды, пригодной не только для полива, а также для хозяйственно-бытового использования, рекреации и туризма. Гипотеза нашего исследования состояла в том, что в настоящее время уровень загрязнения коллекторно-дренажных вод крупного коллектора Каршинской степи и оросительных вод р. Кашкадарьи (бассейн р. Амударьи) позволяет использовать их для вторичных нужд.

**Материалы и методы.** В качестве показателей минерального и органического загрязнения выбраны следующие химические и микробиологические показатели: карбонатная щёлочность, хлориды, сульфаты, нитраты, нитриты, аммонийный азот, общий растворённый фосфор, коли-индекс, возбудители кишечных инфекций (штаммы шигелл и сальмонелл). Из паразитарных агентов определяли ооцисты криптоспоридий и цисты лямблий.

**Результаты.** В водоёмах коллекторно-дренажной сети Кашкадарьинской области одновременно с повышением уровня органического загрязнения и эвтрофирования (биогенной нагрузки) активно идут процессы засоления. Микробиологические и паразитологические показатели исследованных коллекторных вод и воды р. Кашкадарьи достоверно превышают нормативные значения, и на некоторых станциях — в несколько сотен раз.

**Ограничения исследования:** из-за ограничения по времени транспортировки проб для микробиологического анализа и проведения лабораторных анализов в Ташкенте, а также в связи с дефицитом квалифицированных кадров исследованием было охвачено только нижнее течение реки, и в итоге были выбраны для анализа по 8 станций на р. Кашкадарье и Южном коллекторе.

**Заключение.** Результаты микробиологического и паразитологического анализа показали, что коллекторная вода и вода р. Кашкадарьи непригодны для орошения и создают эпидемиологическую опасность для населения, использующего воду в хозяйственно-бытовых целях.

**Ключевые слова:** коллекторные воды; оросительные воды; гигиенические показатели воды; возбудители кишечных инфекций

**Соблюдение этических стандартов.** Настоящее исследование не требует представления заключения Комитета по биомедицинской этике или иных подобных документов.

**Для цитирования:** Сагдуллаева Б.О., Гинатуллина Е.Н., Ташев Р.Х. Эколого-гигиеническая оценка реки Кашкадарьи и коллекторной воды в интенсивно орошаемой области Узбекистана. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(2): 132-138. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-2-132-138>

**Для корреспонденции:** Гинатуллина Елена Николаевна, канд. биол. наук, науч. сотр. Института зоологии АН РУз, 100053, Ташкент. E-mail: e-ginatullina@yandex.ru; Сагдуллаева Барно Одилевна, докторант НИИ санитарии, гигиены и профзаболеваний МЗ РУз, 100056, Ташкент. E-mail: barno89@inbox.ru

**Участие авторов:** Сагдуллаева Б.О. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, статистическая обработка, написание текста; Гинатуллина Е.Н. — концепция и дизайн исследования, редактирование, написание текста, утверждение окончательного варианта статьи; Ташев Р.Х. — сбор материала, редактирование, ответственность за целостность всех частей статьи.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

**Финансирование.** Исследовательская работа проведена в рамках проекта USAID-PEER (Cycle-6).

Поступила: 08.04.2021 / Принята к печати: 25.11.2021 / Опубликована: 10.03.2022

Barno O. Sagdullaeva<sup>1</sup>, Elena N. Ginatullina<sup>2</sup>, Rashid Kh. Tashev<sup>3</sup>

## Ecological and hygienic assessment of the river Kashkadarya and drainage canal water in the intensively irrigated region of Uzbekistan

<sup>1</sup>Research Institute of Sanitary, Hygiene and Occupational Diseases, Tashkent, 100056, Republic of Uzbekistan;

<sup>2</sup>Institute of Zoology, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, 100053, Republic of Uzbekistan;

<sup>3</sup>Kashkadarya regional branch of the State Inspection "Gosvodkhoznadzor" under the Ministry of Water Resources, Karshi, 180004, Republic of Uzbekistan

**Introduction.** Lately, in the agricultural regions of Uzbekistan it is increasingly experiencing a shortage of water suitable not only for irrigation but also for household use, reactivation and tourism. The hypothesis of our study was to investigate whether the level of pollution of the collector-drainage water of the most prominent collector of the Karshi steppe and the Kashkadarya river allowed to use their water for secondary domestic needs.

**Materials and methods.** The following chemical and microbiological indicators were selected as indicators of mineral and organic pollution: carbonate alkalinity, chlorides, sulfates, nitrates, nitrites, ammonium nitrogen, total dissolved phosphorus, coli-index, causative agents of intestinal infections (strains of Shigella and Salmonella). The following parasitic organisms were determined: cysts of Cryptosporidium and Giardia.

**Results.** In the reservoirs of the collector-drainage network of the Kashkadarya region, simultaneously with an increase in the level of organic pollution and eutrophication (biogenic load), the processes of salinization of reservoirs are very active.

**Limitations.** Due to the limited time for transport of samples of the microbiological and chemical analysis to the Tashkent city, as well as lack of qualified staff, the study covered only the lower reaches of the Kashkadarya River, and eight sampling points were selected for analysis on both: the river and the Southern Collector.

Original article

**Conclusion.** The microbiological and parasitological analysis results showed that the collector water and the water of the Kashkadarya River are unsuitable for irrigation and create an epidemiological danger for the population.

**Keywords:** collector water; irrigated water; hygienic indicators of water; pathogens of intestinal infections

**Compliance with ethical standards.** The study does not require submitting some biomedical ethics committee opinion.

**For citation:** Sagdullaeva B.O., Ginatullina E.N., Tashev R.Kh. Ecological and hygienic assessment of irrigated (or the river Kashkadarya) and collector water in the intensively irrigated region of Uzbekistan. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(2): 132-138. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-2-132-138> (In Russ.)

**For correspondence:** Elena N. Ginatullina, MD, PhD, Researcher, Institute of Zoology, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent. 100053, Republic of Uzbekistan. E-mail: e-ginatullina@yandex.ru;

Barno O. Sagdullaeva, MD, doctoral student of the Research Institute of Sanitation, Hygiene and Occupational Diseases, Ministry of Health of the Republic of Uzbekistan, 100056, Tashkent, 100056, Republic of Uzbekistan. E-mail: barno89@inbox.ru

#### Information about authors:

Sagdullaeva B.O., <https://orcid.org/0000-0003-3265-9267> Ginatullina E.N., <https://orcid.org/0000-0002-3462-0908> Tashev R.Kh., <https://orcid.org/0000-0001-7164-9286>

**Contribution:** Sagdullaeva B.O. – concept and design of the study, collection and processing of material, statistical processing, text writing; Ginatullina E.N. – concept and design of the study, editing, writing the text, approval of the final version of the article; Tashev R.Kh. – a collection of material, editing and responsibility for the integrity of all parts of the article. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Acknowledgement.** Research work carried out within the framework of the USAID-PEER project (Cycle-6)

Received: April 8, 2021 / Accepted: November 25, 2021 / Published: March 10, 2022

## Введение

В 2018 г. Узбекистан занял 25-е место из 164 в рейтинге стран, страдающих от водного стресса, опубликованном Институтом мировых ресурсов [1]. В Кашкадарьинской области централизованным питьевым водоснабжением обеспечены 54,2% жителей региона, остальные же пользуются альтернативными источниками питьевой воды. Самые низкие показатели обеспеченности централизованным питьевым водоснабжением наблюдаются в некоторых районах Кашкадарьинской области, в частности в Гузарском районе они составляют 2,1%, в Дехканабадском – 2% [2]. Кроме того, по данным Всемирного банка, потери питьевой воды в Узбекистане в 2018 г. составили 469 млн м<sup>3</sup>, или 32% от общего объёма произведённой питьевой воды [3]. В то же время в регионе очень остро стоит вопрос загрязнения водных ресурсов.

«Концепция охраны окружающей среды Республики Узбекистан на период до 2030 года» (2019)<sup>1</sup> констатирует, что обеспечение качества окружающей среды всё ещё остаётся на уровне потребления, а не эффективного использования. Превышение речного стока, поступающего на орошение, над возвратным стоком в реки происходит в результате низкого КПД коллекторно-дренажной системы. Ежегодно в Амударью и Сырдарью сбрасывается около 17–20 тонн минеральных солей с 1 га орошаемых земель в год [4]. Это приводит к повышению уровня минерализации рек, особенно в среднем и нижнем течении, и вторичному засолению почвы. В результате минерального загрязнения обратного стока повышается уровень минерализации воды в реках и грунтовых водах [5, 6]. Несмотря на то что основной объём стока (около 90%) используется для орошения сельскохозяйственных земель, в последнее десятилетие во всех странах Центральной Азии наблюдается резкое снижение темпов роста сельскохозяйственного производства не только за счёт снижения инвестиций в орошаемое земледелие, но и за счёт значительного ухудшения водохозяйственно-мелиоративных условий орошаемых земель [7].

В настоящее время уделяется большое внимание оценке качества дренажных вод. Одним из основных вопросов сельскохозяйственного производства в орошаемой зоне является повышение водообеспеченности территории и восполнение дефицита за счёт повторного использования коллекторно-дренажных вод, отводимых с орошаемых территорий [8].

Для ирригации нельзя применять воду с минерализацией выше 3–4 г/л, поэтому важно не только выявить возможность выращивания той или иной сельскохозяйственной культуры на засоленных почвах, но и сохранить незасоленными плодородные почвы орошаемых массивов [9].

Цель исследования – проверка гипотезы о пригодности коллекторно-дренажных и оросительных вод в Кашкадарьинской области для вторичного использования посредством оценки качества вод с применением санитарно-химических, бактериологических и паразитарных показателей. Кроме того, действующие в настоящее время региональные нормативы микробного загрязнения воды общими колиформными бактериями (ОКБ) не включают индексов для патогенных микроорганизмов, что приводит к необходимости обосновать и внести новые показатели в нормативные и методические документы.

## Материалы и методы

В качестве объектов исследования ирригационных водоёмов в Каршинской степи в 2019 г. были выбраны 8 станций крупного коллектора Южный (ЮК), протяжённость которого составляет 102,1 км, расположенные от истока до впадения в озеро коллекторного стока Сечанкуль. Занимающий центральное положение в коллекторно-дренажной сети Каршинской степи ЮК на всём протяжении принимает воды других коллекторов, в том числе коллектора Дашт, несущего воды канализационного стока г. Карши. Отбор проб воды осуществляли на 8 станциях:

1. Южный коллектор (2 км от начала);
2. Южный коллектор (13,4 км от начала);
3. Дашт – коллектор перед впадением в Южный коллектор;
4. Южный коллектор после впадения коллектора Дашт (24,2 км от начала);
5. слияние двух коллекторов – Южного и Южного-5;
6. слияние коллекторов Южного-4 и Южного;
7. Южный – после впадения в него двух коллекторов: Северная Ветка и Южный-6;
8. окончание Южного коллектора (102,1 км от начала) перед впадением в оз. Сечанкуль.

Воды ЮК также возвратным стоком поступают в р. Амударью (Туркменистан).

Также были отобраны пробы воды в нижнем течении р. Кашкадарья: 1) парк "Кашкадарё сохили"; 2) канал Ширинбулок – конечный створ реки; 3) слияние с Каршинским магистральным каналом; 4) пос. Кучкак; 5) после слияния с р. Амударьей; 6) после выхода из Чимкурганского водохранилища; 7) после впадения коллектора Корабогсай; 8) после впадения в реку коллекторов Жомбусай, Кирлисай и притока Гузардарья.

<sup>1</sup> «Концепция охраны окружающей среды Республики Узбекистан на период до 2030 года». Разработана Государственным комитетом Республики Узбекистан по экологии и охране окружающей среды. Утверждена указом Президента Республики Узбекистан от 30.10.2019 г. № УП-5863. [https://nrm.uz/contentf?doc=604550\\_&products](https://nrm.uz/contentf?doc=604550_&products)

Было выполнено 3 выезда для отбора проб воды со станций Южного коллектора и из р. Кашкадарьи: в марте, июле и октябре 2019 г. Анализ химических показателей проведён за март, июль и октябрь, анализ микробиологических и паразитарных показателей – за март и октябрь. Микробиологический и паразитологический анализ проб воды проводили с использованием общепризнанных методов и методик<sup>2,3</sup>. Температура воды в марте составила 14 °С, в июле – 26 °С, в октябре – 17 °С.

В Республике Узбекистан качество сточных вод для орошения нормируется СанПиН 0185-05<sup>4</sup>, согласно которому в 1 дм<sup>3</sup> воды должны отсутствовать патогенные микроорганизмы, жизнеспособные яйца гельминтов и цисты простейших, количество лактозоположительных кишечных палочек должно быть менее 10 000 КОЕ/л.

Статистическую обработку результатов (вычисление средних величин и относительных показателей с определением статистических различий) проводили с помощью стандартного пакета программ Excel для Windows.

## Результаты

Полученные авторами результаты микробиологического и паразитологического анализа вод Южного коллектора и р. Кашкадарьи приведены в таблице.

Согласно СанПиН 0180-05, вода для орошения должна содержать не более 1000 КОЕ/100 мл лактозоположительных кишечных палочек, но на исследованных станциях этот показатель превышал нормативы в 2–25 раз. Показатель ОКБ имел максимальные значения в октябре, для марта же характерны в целом меньшие значения, что, вероятно, связано с понижением температуры воды. Однако число нестандартных проб, в которых были обнаружены *Salmonella* spp., в марте превышало таковое в октябре, и наоборот, в октябре было больше нестандартных проб, содержащих *Shigella* spp. Кроме того, сальмонеллы были обнаружены в весенний период на первой и второй станциях, в то время как показатель общих колиформных бактерий на этих станциях был ниже нормативов. Как видно из таблицы, нестандартные пробы, в которых обнаружено превышение по лактозоположительным кишечным палочкам, не являются индикаторным показателем для обнаружения патогенных лактозоотрицательных бактерий *Salmonella* spp. и *Shigella* spp.

И наоборот, выделение паразитарных патогенов в марте и в октябре коррелирует с показателем выделения цист *Giardia* spp. и ооцист *Cryptosporidium* spp. Все паразитологические показатели изученного ЮК достоверно превышают нормативные значения, на некоторых станциях – в несколько сотен раз.

Показатель ОКБ в пробах из р. Кашкадарьи превышает нормативные значения в 1,2–13 раз (см. таблицу). Максимальное значение наблюдается в октябре на выходе реки из Чимкурганского водохранилища. Вероятно, это связано с высокой температурой воды и наличием хозяйственно-бытовых стоков в реку из жилых домов. Далее по течению реки показатель не превышает нормативных значений, и только в конечной точке он достигает 6200 КОЕ/мл.

Аналогичные результаты получены и при исследованиях воды р. Кашкадарьи: превышения нормативов в марте выявлены на станциях 2, 3, 5 и 6, в то время как в октябре наличие нестандартных проб установлено только на станциях 2 и 6. При этом *Salmonella* spp. обнаружены на стан-

циях 1, 7 и 8 при стандартном качестве воды. Аналогично и *Shigella* spp. обнаружены в октябре в воде на 1-й и 8-й станциях при стандартном качестве воды.

Паразитологические показатели воды р. Кашкадарьи достоверно превышали нормативные значения, приведённые в СанПиН 0185-05 ( $p < 0,02$ ). Возможно, это связано с наличием вблизи пастбищ мелкого рогатого скота и стоками коллекторных вод в реку.

**Гидрохимические показатели.** В Кашкадарьинской области основным источником поливной воды является р. Кашкадарья. Данные ежегодного мониторинга, осуществляемого Центром гидрометеорологической службы при Кабинете министров Республики Узбекистан, показывают, что за период 2007–2016 гг. уровень минерализации воды р. Кашкадарьи не изменялся и оставался в пределах  $0,9 \pm 0,07$  г/л. По химическому составу оросительная вода относится к гидрокарбонатно-сульфатному, натриевому типу [10]. В динамике изменений минерального состава воды р. Кашкадарьи, связанных, вероятно, с изменением расхода воды, прослеживаются 2 цикла: многоводный (2012–2015 гг.) и маловодный (2008–2014 гг.) (рис. 1). Минерализация воды ЮК в исследуемый период (2007–2016 гг.) была стабильной и находилась в пределах  $4,92 \pm 0,3$  г/л. Необходимо отметить, что расход коллекторной воды достоверно превышал количество оросительной воды ( $p < 0,01$ ).

В 2019 г. для станций ЮК, на которых были проведены исследования, наблюдаемое минеральное загрязнение в течение вегетационного периода сохранялось на высоком уровне – 4000–6000 мг/л (рис. 2). Минерализация воды р. Кашкадарьи находилась в пределах нормативных значений: 4,9 г/л в марте, а в октябре снижалась до 2,6 г/л, вероятно, в результате увеличения объёма воды из-за дождей и уменьшения забора на орошение (рис. 3).

Если для сульфатов коллекторных и орошаемых вод в 2019 г. прослеживается тренд увеличения концентрации с марта по октябрь, то для хлоридов характерна обратная динамика, то есть прослеживается уменьшение концентрации с марта к октябрю. В целом концентрация хлоридов в коллекторной воде находилась в допустимых пределах, однако близко к верхней границе нормы (593–754 мг/л), а содержание сульфатов – в пределах 1141–2099 мг/л (см. рис. 2). Содержание хлоридов в воде р. Кашкадарьи составляло 158 мг/л в марте и 319 мг/л в октябре; содержание сульфатов – 671 и 692 мг/л в марте и октябре соответственно (см. рис. 3).

Значение карбонатной щёлочности воды выше 400 мг/л крайне нежелательно для водных организмов [11, 12]. В 2019 г. щёлочность коллекторной воды была несколько ниже допустимого предела (см. рис. 2), максимальное значение наблюдалось летом. Щёлочность воды р. Кашкадарьи находилась в пределах допустимых значений (57,8 мг/л в марте и 89,3 мг/л в октябре) и была в несколько раз ниже аналогичного показателя воды коллекторно-дренажной системы (см. рис. 3).

Нитраты, нитриты и аммиачный азот связывают гемоглобин у рыб, и повышенное содержание этих веществ в воде вызывает гибель рыб в результате гипоксии [11]<sup>5</sup>.

В течение всего вегетационного периода 2019 г. в пробах воды, полученных при исследованиях на станциях ЮК, сохранялся низкий уровень концентрации нитратов: 6,1–7,2 мг/л (рис. 4). Концентрации аммонийного азота превышали допустимые значения в марте (2,26 мг/л), к октябрю наблюдался тренд снижения – 0,8 мг/л. В то же время в 2019 г. на станциях ЮК наблюдали стабильное содержание в воде нитритов – концентрации находились в пределах допустимых значений: 0,01–0,05 (см. рис. 4).

При содержании растворённых фосфатов на уровне 0,2–1,4 мг/л рыбопродуктивность возрастает в четырёх раз [13], но превышение этого показателя приводит к

<sup>5</sup> ГОСТ 17.1.2.04-77. Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов.

<sup>2</sup> Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов. Методические указания РФ, МУК 4.2.1884-04. С. 62.

<sup>3</sup> Методы санитарно-микробиологического анализа воды открытых водоёмов (рек, озёр, прудов, плавательных бассейнов, сточных вод и прочей воды) на санитарно-показательную и патогенную флору. Методические указания МЗ РУз № 012-3/0152.

<sup>4</sup> Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков на сельскохозяйственных полях орошения в природно-климатических условиях Узбекистана. СанПиН РУз № 0180-05.

Original article

### Результаты проведения микробиологических и паразитологических исследований воды Южного коллектора и р. Кашкадарья в марте и октябре 2019 г.

The result of the microbiological and parasitological indices sampled from the Southern collector and Kashkadarya river during March and October, 2019

№ станции Point of sampling	ОКБ, КОЕ/100 мл TCB, CFU/100 ml <i>M ± m</i>		Число цист <i>Giardia</i> spp. в 25 л Number of <i>Giardia</i> spp' cysts in 25 L <i>M ± m</i>		Число ооцист <i>Cryptosporidium</i> spp. в 25 л Number of <i>Cryptosporidium</i> spp' cysts in 25 L <i>M ± m</i>		<i>Salmonella</i> spp.		<i>Shigella</i> spp.	
	Март March	Октябрь October	Март March	Октябрь October	Март March	Октябрь October	Март March	Октябрь October	Март March	Октябрь October
<i>Южный коллектор / Southern collector</i>										
1	600	6200	125	8*	370*	5*	Обн. (d)	Н.о. (N/d)	Н.о. (N/d)	Н.о. (N/d)
	3400 ± 1.21		66.5 ± 1.14		187.5 ± 1.03		1	0	0	0
2	400	500	1240	6*	140*	13*	Обн. (d)	Н.о. (N/d)	Н.о. (N/d)	Н.о. (N/d)
	450 ± 9.0		623.0 ± 1.01		76.5 ± 1.2		1	0	1	1
3	2300	2300	60	3*	305*	8*	Н.о. (N/d)	Н.о. (N/d)	Обн. (d)	Обн. (d)
	2300 ± 1.0		31.5 ± 1.11		156.5 ± 1.05		0	0	0	1
4	2300	250 000	75	2*	100*	4*	Н.о. (N/d)	Н.о. (N/d)	Н.о. (N/d)	Обн. (d)
	126 150 ± 1.02		38.5 ± 1.05		52 ± 1.08		0	0	0	1
5	400	250 000	615	н/обн.н/d	20*	5*	Н.о. (N/d)	Н.о. (N/d)	Н.о. (N/d)	Обн. (d)
	125 200 ± 1.0		307.5 ± 1		12.5 ± 1.67		0	0	0	1
6	6200	250 000	140	6*	70*	4*	Обн. (d)	Н.о. (N/d)	Н.о. (N/d)	Обн. (d)
	128 100 ± 5.85		73.0 ± 1.09		37 ± 1.12		1	0	0	0
7	21 000	2100	105	4*	405*	н/обн.	Обн. (d)	Н.о. (N/d)	Н.о. (N/d)	Н.о. (N/d)
	11 550 ± 1.22		54.5 ± 1.08		202.5 ± 1.0		1	0	0	0
8	1300	2300	240	6*	185*	4*	Обн. (d)	Н.о. (N/d)	Н.о. (N/d)	Н.о. (N/d)
	1800 ± 3.6		123.0 ± 1.05		94.5 ± 1.04		1	0	0	0
Всего / In all	49 868.75 ± 1.09		164.69 ± 1.03		102.38 ± 1.06					
<i>р. Кашкадарья / Kashkadarya river</i>										
1	600	500	35**	н/обн.н/d	15**	9**	Обн. (d)	Н.о. (N/d)	Н.о. (N/d)	Обн. (d)
	550 ± 11		17.5 ± 1		12 ± 4.0		1	0	0	1
2	1200	6200	39**	н/обн.н/d	9**	7**	Н.о. (N/d)	Н.о. (N/d)	Н.о. (N/d)	Н.о. (N/d)
	3700 ± 1.48		19.5 ± 1.0		8 ± 2.67		0	0	0	0
3	2300	280	14**	8**	8**	10**	Н.о. (N/d)	Н.о. (N/d)	Н.о. (N/d)	Н.о. (N/d)
	1290 ± 1.28		11.0 ± 3.67		9.0 ± 4.5		0	0	0	0
4	400	320	48**	6**	5**	6**	Н.о. (N/d)	Обн. (d)	Н.о. (N/d)	Н.о. (N/d)
	360 ± 9.0		27 ± 1.29		5.5 ± 0.37		0	1	0	0
5	2300	400	25**	н/обн.н/d	3**	8**	Обн. (d)	Обн. (d)	Обн. (d)	Н.о. (N/d)
	1350 ± 1.42		12.5 ± 1.0		5.5 ± 2.2		1	1	1	0
6	2300	13 000	15**	4**	2**	Н.о. (N/d)	Н.о. (N/d)	Н.о. (N/d)	Обн. (d)	Н.о. (N/d)
	7650 ± 1.43		9.5 ± 1.73		1 ± 0.5		0	0	1	0
7	600	400	4**	4**	4**	Н.о. (N/d)	Обн. (d)	Н.о. (N/d)	Н.о. (N/d)	Н.о. (N/d)
	500 ± 5.0		4 ± 0		2 ± 1.0		1	0	0	0
8	600	600	10**	9**	8**	16**	Обн. (d)	Н.о. (N/d)	Н.о. (N/d)	Обн. (d)
	600 ± 0		9.5 ± 1		12.0 ± 3.0		1	0	0	1
Всего / In all	2000 ± 2.81		13.81 ±		6.88 ± 1.65					

Примечание. Достоверное превышение нормативного значения: \* –  $p < 0,01$ ; \*\* –  $p < 0,02$ . Обн. – обнаружено; Н.о. – не обнаружено.  
Note. The index significantly exceeds of the standard value \* –  $p < 0.01$ ; \*\* –  $p < 0.02$ . d – detected; N/d – not detected.

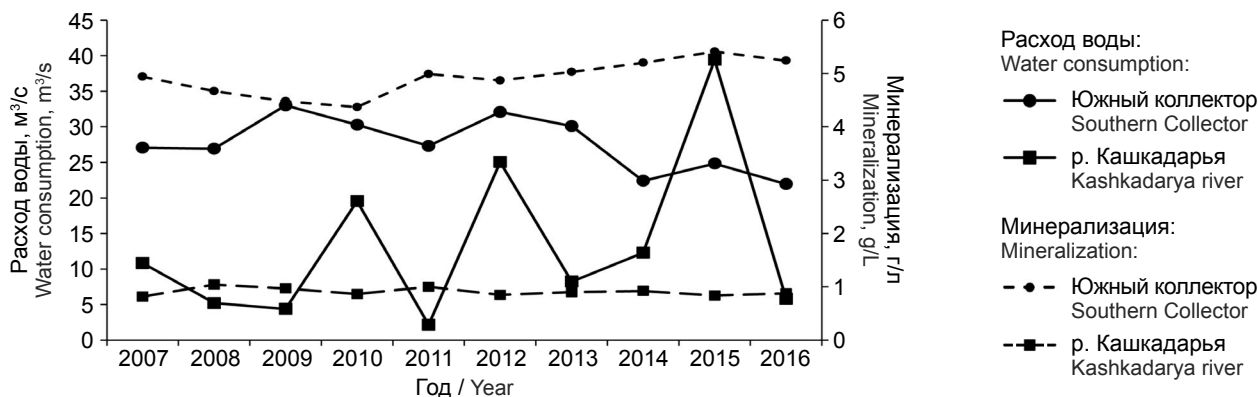


Рис. 1. Динамика минерализации (мг/л) и расхода воды (м³/с) оросительных вод р. Кашкадарья и Южного коллектора с 2007 по 2016 г.

Fig. 1. Dynamics of the dry residue (mg/L) and water consumption (m³/s) for irrigation water of the Kashkadarya river and the Southern Collector from the 2007–2016 years.

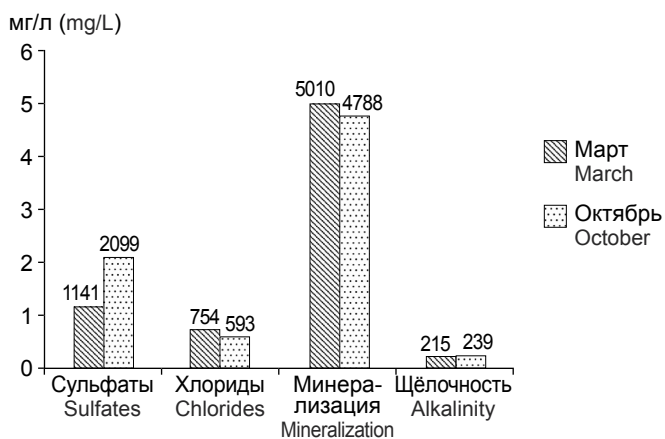


Рис. 2. Динамика средних значений (мг/л) для 8 станций ЮК: сульфатов, хлоридов, минерализации и карбонатной жёсткости.

Fig. 2. Dynamics of the sulfates, chlorides, salinity and carbonate hardness average values (mg/L) for 8 sampling points of the South Collector.

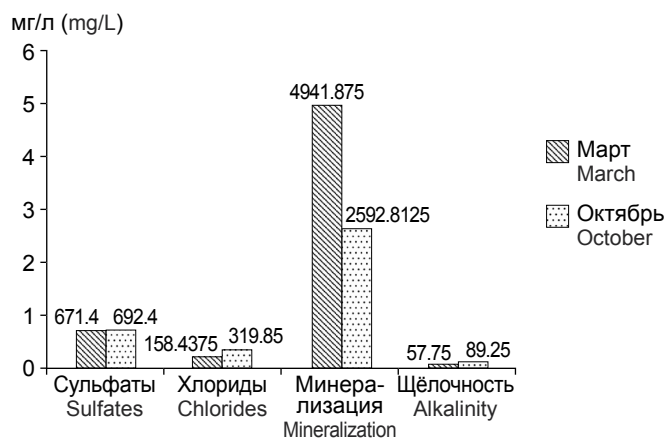


Рис. 3. Динамика средних значений (мг/л) для орошаемой воды р. Кашкадарья: сульфатов, хлоридов, минерализации и щёлочности.

Fig. 3. Dynamics of the sulfates, chlorides, dry residue and alkalinity average values (mg/L) for irrigated water of the Kashkadarya river.

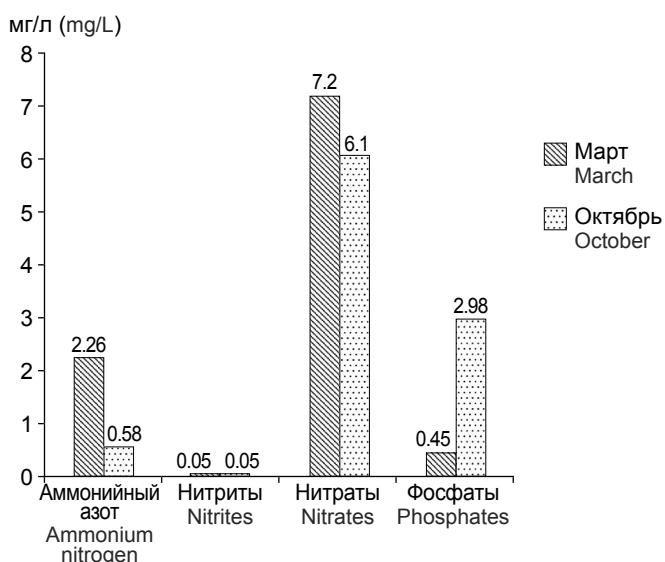


Рис. 4. Динамика средних значений (мг/л) для 8 станций ЮК: нитратов, аммонийного азота, общего растворённого фосфора и нитритов.

Fig. 4. Dynamics of the nitrates, ammonium, total dissolved phosphorus and nitrites average values (mg/L) for 8 sampling points of the South Collector.

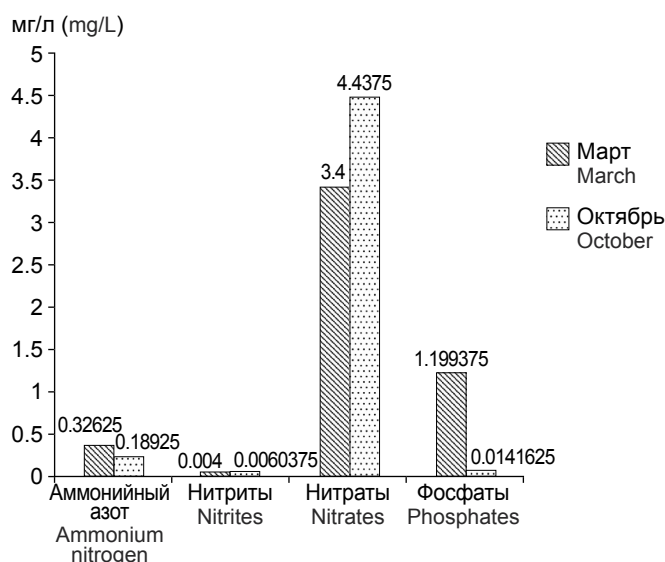


Рис. 5. Динамика средних значений (мг/л) для 8 станций в р. Кашкадарья: нитратов, аммонийного азота, общего растворённого фосфора и нитритов.

Fig. 5. Dynamics of the nitrates, ammonium, total dissolved phosphorus and nitrites average values (mg/L) for 8 sampling points of the Kashkadarya river.

нежелательным последствием для гидробионтов [11]. В марте 2019 г. концентрация фосфора была минимальной (0,45 мг/л), а к октябрю увеличилась на порядок и составила в среднем 2,98 мг/л (см. рис. 4); на некоторых станциях ЮК она превышала 3,6 мг/л.

В оросительной воде средние показатели нитритов незначительно увеличивались в динамике наблюдения: 0,004 мг/л в марте и 0,006 мг/л в октябре. Содержание нитратов в марте составляло 3,4 мг/л, а к октябрю увеличилось до 4,4 мг/л. Средняя концентрация фосфатов в оросительной воде уменьшалась к осени в 86 раз (1,19 мг/л в марте и 0,014 мг/л в октябре), а аммонийного азота – в 1,7 раза: 0,33 мг/л – в марте и 0,19 мг/л – в октябре. Увеличение концентраций фосфатов и аммонийного азота происходило, вероятно, в результате увеличения расхода воды в летне-осенний период и интенсификации процессов самоочищения при повышении температуры воды (рис. 5). Все биогенные показатели находились в пределах нормативных значений.

## Обсуждение

*Микробиологические и паразитарные показатели качества воды.* Санитарная оценка воды производится обычно не по общему содержанию бактерий, а в основном по показателю ОКБ. Колиформные бактерии относительно легко идентифицировать, обычно они присутствуют в большем количестве, чем опасные патогены, и реагируют на окружающую среду, очистку сточных вод и водоочистку аналогично многим патогенам [14].

Санитарно-токсикологические нормативы Республики Узбекистан, разработанные для поверхностных вод, предусматривают определение в водоёмах, используемых для рекреации, определение штаммов шигелл и сальмонелл<sup>6</sup>. Авторы посчитали целесообразным определение в водоёмах хозяйственно-бытового назначения наряду со штаммами шигелл и сальмонелл также цист лямблий и криптоспоридий. С другой стороны, согласно санитарным нормативам Республики Узбекистан (СанПиН 0180-05), вода для полива и орошения не должна содержать цист криптоспоридий или лямблий (отсутствие в 25 л воды).

Микробиологические и паразитологические показатели коллекторных вод ЮК и оросительных вод р. Кашкадарья в 2019 г. достоверно превышают нормативные значения, и на некоторых исследованных станциях – в несколько сотен раз. Полученные средние микробиологические и паразитарные показатели оросительной воды хотя и были ниже по сравнению с таковыми для коллекторно-дренажной системы, но, вероятно, создавали неблагоприятную эпидемиологическую обстановку на орошаемой территории. Кроме того, обнаружение сальмонелл в весенний период на первой и второй станциях ЮК в то время, как показатель общих колиформных бактерий был ниже нормативных значений, свидетельствует о необходимости постоянного прямого обнаружения возбудителей кишечных инфекций, особенно в районах, где вода из ЮК используется для хозяйственно-бытовых нужд, орошения и содержания скота.

*Гидрохимические показатели.* Для вод ЮК минерализация находится в пределах допустимых концентраций для солоноватоводных (мезогалинных) организмов – 4–6 г/л, но имеет показатели, недопустимые для вторичного орошения [9]. Для воды р. Кашкадарья максимальное значение минерализации в марте составляет 4,9 г/л, а минимальное в октябре – 2,6 г/л, что делает воду непригодной для вторичного использования населением.

Повышенная концентрация сульфатных и хлоридных соединений в почве может оказаться опасной и токсичной

для растений [15, 16]. Хлориды также токсичны для водных организмов [17]. Содержание сульфатов в воде на обследованных станциях ЮК превышает значение 1000 мг/л, что является неблагоприятным для орошения многих культур и в целом для рыбоводства [11, 15]. Содержание хлоридов и сульфатов в воде р. Кашкадарья не превышает нормативных значений и ниже показателей коллекторно-дренажных вод в 2–5 раз (см. рис. 3). В октябре сухой остаток, сульфаты и хлориды речной воды достоверно ниже, чем аналогичные показатели коллекторной воды ( $p < 0,01$ ).

В марте 2019 г. в исследуемых коллекторных водах одновременно с нитратами отмечается достаточно высокое содержание аммонийного азота, а это является верным признаком длительного загрязнения воды [18]. В то же время некоторое снижение концентрации аммонийного азота от марта к октябрю и увеличение концентрации нитратов в речной воде свидетельствует об усилении процессов самоочищения в реке в осенний период, происходящем, вероятно, из-за повышения температуры воды. Показатели азотной триады в речной воде были достоверно ниже показателей ЮК ( $p < 0,01$ ), что предположительно свидетельствует о большем уровне биогенного загрязнения последнего; показатели растворённого фосфора также в речной воде ниже, чем в коллекторной. Отмечается также, что при повышении минерализации воды с 11 до 18 г/л происходит снижение интенсивности процессов самоочищения, и это приводит к стрессовому состоянию экосистемы дренажных озёр [19].

## Заключение

1. Тренд изменения общей минерализации коллекторной и речной воды в целом подчиняется закономерности изменения характера питания р. Амударья: минимальная минерализация наблюдается летом, а максимальная – в начале весны (март).

2. Концентрация биогенного элемента фосфора и аммонийного азота имеет отрицательную корреляцию со стоком: пик приходится на осеннее время года, когда происходит уменьшение стока р. Амударья. В речной воде содержание аммонийного азота и фосфатов уменьшается к осени, а нитритов и нитратов, наоборот, увеличивается, что указывает на более интенсивные процессы распада органических веществ в осенний период.

3. Полученные средние микробиологические и паразитарные показатели проб речной воды ниже, чем воды коллекторно-дренажной системы, но в большинстве достоверно превышают нормативные значения. Среднее значение ОКБ в пробах воды увеличивается в октябре. Однако, по нашим данным, показатель ОКБ не обеспечивает надёжности оценки при определении качества воды в отношении патогенных бактерий, в частности *Salmonella* spp. Прямое обнаружение возбудителей кишечных инфекций (цист лямблий, ооцист криптоспоридий, микроорганизмов родов *Shigella* и *Salmonella*) может быть связано со сбросом плохо очищенных канализационных стоков и свидетельствует о наличии эпидемиологической опасности в Кашкадарьинской области. Поэтому необходимо дополнительно проводить паразитологические исследования материала от людей и животных для определения важности водного пути передачи и эпидемиологии возбудителей [20].

4. В соответствии с нашими результатами исследованная вода из ЮК непригодна для вторичного использования. По химическому составу и минерализации речная вода пригодна для орошения, но микробиологические и паразитологические показатели превышают нормативные значения. В связи с этим существует острая необходимость проведения мероприятий для контроля и предотвращения передачи кишечных патогенов через открытые водоёмы, включая отслеживание источников загрязнений [21].

<sup>6</sup> Гигиенические требования к охране поверхностных вод на территории Республики Узбекистан. СанПиН РУз № 0172-04.

## Литература

(п.п. 5–7, 11, 12, 14, 17, 20, 21 см. References)

1. Газета.uz Узбекистан вошёл в список стран с высоким дефицитом воды; 2019. Доступно: <https://www.gazeta.uz/ru/2019/08/08/water-stress/>
2. UzDaily.uz В каких регионах наблюдается дефицит питьевой воды? 2020. Доступно: <https://www.uzdaily.uz/ru/post/51794>
3. Кутбитдинов Ю. Узбекистан оцифровывается: цифровая экономика в цифрах и сопоставлениях. *Экономическое обозрение*. 2019; (10).
4. Абдурахманова И.К., Вафоев Р., Сайлиев О. Состояние и использование земельно-водных ресурсов Узбекистана (орошаемое земледелие). *Вестник Прикаспия*. 2017; (4): 49–56.
8. Холбаев Б.М., Хазраткулов Э.Ш. Можно ли использовать коллекторно-дренажную воду на орошение. *Наука и образование сегодня*. 2019; (7): 9–12.
9. Якубов Х.Э., Якубов М.А., Якубов Ш.Х. Коллекторно-дренажный сток Центральной Азии и оценка его использования на орошение. Ташкент; 2011.
10. Алекин О.А. *Общая гидрохимия: химия природных вод*. М.; 1948.
13. Цупикова Н.А., Моисеенко В.В. Оценка возможности организации рыбоводного хозяйства на базе пруда Янтарный (Калининградская область). *Аэкономика: экономика и сельское хозяйство*. 2017; (7): 10.
15. Виноградов А.П. *Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах*. М.; 1950.
16. Крылова Е.Г. Влияние сульфата никеля на прорастание семян и развитие проростков прибрежно-водных растений. *Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология*. 2010; 3(1): 99–106.
18. Муликовская Е.П., Резников А.А., Соколов И.Ю. *Методы анализа природных вод*. М.: Недра; 1970.
19. Тальских В. Оценка состояния водоемов и озер на правом берегу Амударьи. *Проблемы освоения пустынь*. 2001; (2): 49–57.

## References

1. Gazeta.uz Uzbekistan entered the list of countries with high water shortages; 2019. Available at: <https://www.gazeta.uz/ru/2019/08/08/water-stress/> (in Russian)
2. UzDaily.uz In which regions is there a shortage of drinking water? 2020. Available at: <https://www.uzdaily.uz/ru/post/51794> (in Russian)
3. Kutbitdinov Yu. Uzbekistan is being digitized: digital economy in numbers and comparisons. *Ekonimicheskoe obozrenie*. 2019; (10). (in Russian)
4. Abdurakhmanova I.K., Vafoev R., Sayliev O. The state and use of land-water resources of Uzbekistan (irrigated agriculture). *Vestnik Priskaspiya*. 2017; (4): 49–56. (in Russian)
5. Small I., van der Meer J., Upshur R.E. Acting on an environmental health disaster: the case of the Aral Sea. *Environ. Health Perspect*. 2001; 109(6): 547–9. <https://doi.org/10.1289/ehp.01109547>
6. Strickman R., Porkka M. Water and social changes in Central Asia: problems related to cotton production in Uzbekistan. In: *Central Asian Water*. Helsinki; 2008.
7. Evans A., Mateo-Sagasta J., Qadir M., Boelee E., Ippolito A. Agricultural water pollution: key knowledge gaps and research needs. *Curr. Opin. Environ. Sustain*. 2018; 36: 20–7. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.10.003>
8. Kholbaev B.M., Khazratkulov E.Sh. Is it possible to use collector-drainage water for irrigation. *Nauka i obrazovanie segodnya*. 2019; (7): 9–12. (in Russian)
9. Yakubov Kh.E., Yakubov M.A., Yakubov Sh.Kh. *Collector-Drainage Flow of Central Asia and Assessment of Its Use for Irrigation [Kollektorno-drenazhnyy stok Tsentral'noy Azii i otsenka ego ispol'zovaniya na orosheniye]*. Tashkent; 2011. (in Russian)
10. Alekin O.A. *General Hydrochemistry: Chemistry of Natural Waters [Obshchaya gidrokhiimiya: khimiya prirodnnykh vod]*. Moscow; 1948. (in Russian)
11. Zweig R.D., Morton J.D., Stewart M. *Source Water Quality for Aquaculture: a Guide for Assessment*. Washington, D.C: TheWorldBank; 1999.
12. Guidelines for deriving numerical national water quality criteria for the protection of aquatic organisms and their uses. Washington, D.C.: U.S. EPA; 1985.
13. Tsupikova N.A., Moiseenko V.V. The possibility to organize a fish farm in the Yantarny Reservoir (Kaliningrad region). *Aekonomika: ekonomika i sel'skoe khozyaystvo*. 2017; (7): 10. (in Russian)
14. Gu Q., Deng J., Wang K., Lin Y., Li J., Gan M., et al. Identification and assessment of potential water quality impact factors for drinking-water reservoirs. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2014; 11(6): 6069–84. <https://doi.org/10.3390/ijerph110606069>
15. Vinogradov A.P. *Geochemistry of Rare and Trace Chemical Elements in Soils [Geokhimiya redkikh i rassseyannykh khimicheskikh elementov v pochvakh]*. Moscow; 1950. (in Russian)
16. Krylova E.G. The effect of nickel sulfate on seed germination and development of sprouts coastal-aquatic plants. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Seriya: Biologiya*. 2010; 3(1): 99–106. (in Russian)
17. Romano N., Zeng C. Acute toxicity of sodium nitrate, potassium nitrate, and potassium chloride and their effects on the hemolymph composition and gill structure of early juvenile blue swimmer crabs. *Environ. Toxicol. Chem*. 2007; 26(9): 1955–62. <https://doi.org/10.1897/07-144r.1>
18. Mulikovskaya E.P., Reznikov A.A., Sokolov I.Yu. *Methods for the Analysis of Natural Waters [Metody analiza prirodnnykh vod]*. Moscow: Nedra; 1970. (in Russian)
19. Tal'skikh V. Assessment of the state of reservoirs and lakes on the right bank of the Amu Darya. *Problemy osvoeniya pustyn'*. 2001; (2): 49–57. (in Russian)
20. Kifleyohannes T., Robertson L.J. Preliminary insights regarding water as a transmission vehicle for Cryptosporidium and Giardia in Tigray, Ethiopia. *Food Waterborne Parasitol*. 2020; 19: e00073. <https://doi.org/10.1016/j.fawpar.2020.e00073>
21. Vanden Esschert K.L., Mattioli M.C., Hilborn E.D., Roberts V.A., Yu A.T., Lamba K., et al. Outbreaks associated with untreated recreational water – California, Maine, and Minnesota, 2018–2019. *MMWR Morb. Mortal. Wkly. Rep*. 2020; 69(25): 781–3. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6925a3>