

АТРОФ-МУҲИТ МОНИТОРИНГИ

МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ENVIRONMENTAL MONITORING

УДК 577.472+551.493

ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИИ ДИАТОМОВОЙ ВОДОРΟΣЛИ *PLEUROSIRA LAEVIS* (EHRENBERG) *COMPÈRE* В УЗБЕКИСТАНЕ ПО ДАННЫМ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В.Н. ТАЛЬСКИХ^{1*}, Л.А. САИДМАХМУДОВА¹, Г.К. ИШЧАНОВА¹¹ Центр гидрометеорологической службы Республики Узбекистан, vladbio@mail.ru

Аннотация. В статье приводятся обобщенные результаты экспедиционных и рутинных исследований биоценозов перифитона в водных объектах в бассейне Аральского моря, осуществляемые отделом гидробиологического мониторинга Узгидромета на территории Узбекистана с 1978 года. География описываемых исследований охватывает верхнее и среднее течение реки Сырдарья, среднее и нижнее течения реки Амударья, включая коллектора, дренажные сельскохозяйственные орошаемые территории, и ирригационно-сбросовые озера ее дельты, а также среднее течение р.Зарафшан и р.Чирчик, в которых обнаружена диатомея *Pleurosira laevis* (Ehrenberg) Compère, ранее ошибочно идентифицированная как представитель рода *Melosira*.

Ключевые слова: Коллектора, ирригационно-сбросовые озера (ветланды), биоценозы перифитона, доминантный и субдоминантный комплексы диатомовых водорослей, диатомея *Pleurosira laevis* (Ehrenberg) Compère.

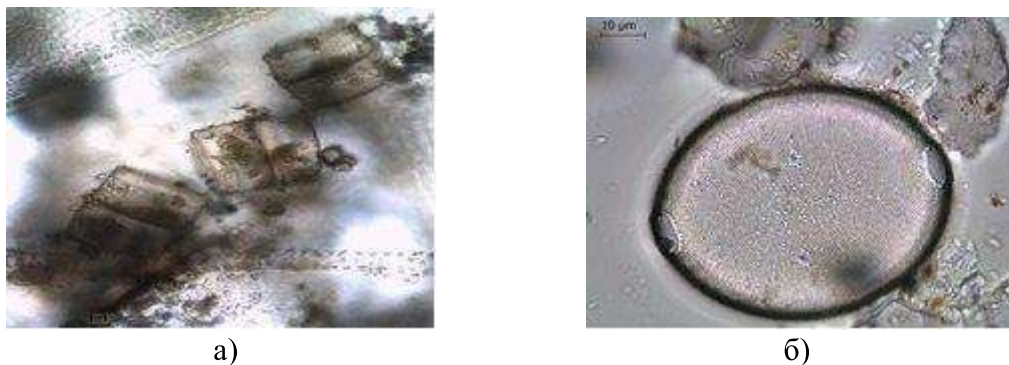
Введение. Центрическая диатомовая водоросль *Pleurosira laevis* (Ehrenberg) Compère (синонимы – *Biddulphia laevis* Ehrenberg, *Cerataulus laevis* (Ehrenberg) Ralfs) для территории бывшего СССР указывается в сводке для Черного и Азовского морей, приазовских лиманов и Керченского пролива и является солоноватоводным видом (Mamanazarova, Gololobova, 2017). Эти же авторы приводят и первое упоминание о нахождении этой диатомеи на территории Узбекистана, указывая на ее обнаружение в пробах перифитона и бентоса в 2009–2012 гг. в нижнем течении реки Зарафшан в районе г. Навои. Одновременно указывается на отсутствие в литературе данных о нахождении *Pl. Laevis* в других водоемах Средней Азии, хотя этот вид имеет характерную морфологию, включая сравнительно крупные размеры створок и колоний (рис.1) и не мог быть незамеченным в образцах анализируемых альгологических проб.

Можно предположить, что это, в первую очередь, было связано с отсутствием в распоряжении альгологов и гидробиологов диатомовых определителей с описанием данного вида. В нашем случае *Pl.Laevis* ошибочно идентифицировалась как представитель рода *Melosira* (*M.moniliformis* var. sp.?) со схожей экологией и отношением к солености воды, но с вопросительным знаком, указывающим на условность или неопределенность отнесения нами этого вида к роду *Melosira*.

Цель исследования. Изучение особенности экологии диатомовой водоросли *Pleurosira laevis* (Ehrenberg) Compère в Узбекистане по данным гидробиологических исследований и оценка ее как экологического индикатора.

* Ответственный автор: vladbio@mail.ru, тел.: +998 90 904-86-70

Объектом исследования являются биоценозы перифитона в р.Сырдарья ниже впадения коллектора ГПК-С, в нижнем течении р.Чирчик, в коллекторах Восточный, Северный, Шурузяк, ГПК-С, дренирующих орошаемый массив Голодной степи, в озерном комплексе ветланда Судочье (левобережная часть дельты Амударьи), осуществляемые Отделом гидробиологического мониторинга Узгидромета на территории Узбекистана с 1978 по 2019 годы.



**Рис. 1. Колония *Pleurosira laevis* (масштаб 10 мкм):
а) общий вид колонии, б) вид со створки**

**Fig.1. Colony of *Pleurosira laevis* (scale 10 μ m)
a) general view, b) view from microscope flap**

Предмет исследования. Диатомовая водоросль *Pleurosira laevis* (Ehrenberg) Compère.

Метод исследования. На основе фондовых гидробиологических материалов Узгидромета за период 1978-2019гг. были изучены характеристики биоценоза перифитона.

Пробы отбирались и обрабатывались по общепринятым методикам с использованием определителей (РУз 52.25. 32-97). Сбор обрастаний с поверхности твердых предметов производили с помощью скальпеля и пинцета. Отбор проб с поверхности листьев и стеблей макрофитов производили, смывая оброст мягкой кисточкой. Небольшое количество материала помещали в широкогорлые пробоотборники (объемом 0,5 л) с водой.

Основные результаты. По данным Отдела гидробиологического мониторинга распространение этой водоросли в бассейне Аральского моря намного шире и она обнаружена нами в пробах перифитона в р.Сырдарья ниже впадения коллектора ГПК-С, в нижнем течении р.Чирчик, в коллекторах Восточный, Северный, Шурузяк, ГПК-С, дренирующих орошаемый массив Голодной степи, в озерном комплексе ветланда Судочье (левобережная часть дельты Амударьи). В указанных водных объектах эта водоросль в биоценозах перифитона достигает наибольшего количественного развития в летне-осенний сезон, часто являясь доминантом или субдоминантом. Ниже приводятся условия встречаемости *Pl. Laevis* в различных типах обследованных нами водных объектов.

В р.Сырдарья место отбора проб – прибрежная рипаль ниже коллектора ГПК-С в меженный летне-осенний сезон, характеризуемый крайне низким расходом речного стока, заболоченностью литорали, обильным развитием на глинистом дне нитчатых зеленых водорослей (роды *Cladophora*, *Oedogonium*, *Spirogyra*, *Enteromorpha*), обросших налетом из диатомовых водорослей, и происходящим разложением скоплений макрофитов и нитчаток. Сопутствующий доминантный и субдоминантный комплекс диатомовых водорослей представлен в основном широко распространенными и солоноватоводными,

b-, b-a-мезосапробными видами из родов *Amphora*, *Bacillaria*, *Caloneis*, *Cocconeis*, *Cymatopleura*, *Coscinodiscus*, *Cyclotella*, *Diploneis*, *Gomphonema*, *Mastogloia*, *Pleurosigma*, *Gyrosigma*, *Rhoicosphenia*, *Surirella*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Synedra*, *Surirella* и др. Минерализация воды р. Сырдарья составляет в пределах 1,1-2,0 г/л.

В р. Чирчик место отбора проб – прибрежная рипаль в среднем и нижнем течении в меженный летне-осенний сезон, характеризуемый крайне низким расходом речного стока, заболоченностью литорали, обильным развитием на глинистом дне нитчатых зеленых и синезеленых водорослей (роды *Cladophora*, *Oedogonium*, *Spirogyra*, *Enteromorpha*, *Anabaena*, *Oscillatoria*), обросших налетом из диатомовых водорослей и происходящим разложением скоплений макрофитов и нитчаток. Сопутствующий доминантный и субдоминантный комплекс диатомовых водорослей (аналогично сырдарьинскому участку) представлен в основном широко распространенными и солоноватоводными, b-, b-a - мезосапробными видами из родов *Amphora*, *Bacillaria*, *Caloneis*, *Cocconeis*, *Cymatopleura*, *Coscinodiscus*, *Cyclotella*, *Diploneis*, *Gomphonema*, *Mastogloia*, *Pleurosigma*, *Gyrosigma*, *Rhoicosphenia*, *Surirella*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Synedra*, *Surirella* и др. Минерализация воды р. Чирчик составляет в пределах 1,1-1,5 г/л.

В коллекторах Шурузьяк, ГПК-С, Северный, Восточный место отбора проб – устьевые участки, характеризующиеся заиленным дном с включениям растительного детрита. Полуводная (тростник) и подводная (рдесты, роголистник) растительность хорошо развита. Все растительные субстраты интенсивно обросли нитчатыми зелеными водорослями (роды *Cladophora*, *Oedogonium*, *Enteromorpha*) и бурными налетами из вышеуказанных для рек Сырдарья и Чирчика видов диатомовых водорослей. Синезеленые водоросли представлены колониальными и нитчатыми формами из родов *Merismopedia*, *Microcystis*, *Gloeocapsa*, *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Lyngbya*, *Spirulina* и др. Минерализация воды варьируется в пределах 1,6-7,0 г/л.

В озерном комплексе (ветланд) Судочье место отбора проб - северная (оз.Тайлы) и средняя части (оз.Акушпа) с хорошо развитой по берегами полосой тростника и его островными скоплениями в открытой пелагиале. Дно в прибрежье представлено мощными отложениями ила с большим содержанием растительного детрита и выраженным запахом сероводорода. Подводная часть стеблей тростника покрыта мощной шубой обрастаний из солоноватоводной нитчатой водоросли *Cladophora fracta* var. *normalis* Rabenh. и наростами и пленками характерных для условно благополучного состояния озера (1999-2000 годы) солоноватоводно-морских диатомовых водорослей таких, как *Pleurosira laevis* (Ehrenberg) Compère, *Synedra pulchella* (Ralfs) Kutz., *S. tabulata* (Ag.) Kutz. с ее многочисленными вариациями, *Achnanthes brevipes* Ag., *A. brevipes* var. *intermedia* (Kutz.) Cl., *Navicula peregrina* var. *lanceolata* Sky., *N. kolbei* Poretz. Et Aniss., *N. halophila* (Grun.) Cl., *Mastogloia Braunii* Grun., *M. pumila* (Grun.) Cl., *M. lanceolata* Thw., *Rhopalodia gibberula* (Ehr.) O. Mull., *Pleurosigma angulatum* (Queck) W. Sm., *Amphora obtuse* Greg., *A. coffeaeformis* Ag. и ее вариации, *Amphiprora paludosa* W. Sm., *Nitzschia obtuse* W. Sm. и другие (Тальских, 2003).

Минерализация воды в период 1999-2000 гг. в среднем изменялась в диапазоне: в оз.Тайлы – 15-21 г/л, в средней части оз.Акушпы – 21-31 г/л (Апарин, 2003; Крейцберг-Мухина и др., 2003).

В период гидрологической засухи в 2001-2002 гг. и прекращения подпитки озерной системы коллекторной водой минерализация повысилась до 26-40 г/л в оз.Тайлы и до 49-82 г/л в оз.Акушпе, что привело к смене характерного ранее диатомового комплекса (включая *Pl. laevis*) и замене его на комплекс типично морских видов, например таких, как *Grammatophora marina* (Lyngb.) Kutz., *Gr. oceanica* (Ehr.) Green., *Licmophora abbreviate* Ag., *Chaetoceros mulleri* Lemn., *Mastogloia pusilla* Green., *Diploneis didyma* (Ehr.) Cl., *Pleurosigma angulatum* var. *finmarchicum* Cl. и др. (Тальских, 2003).

Выводы. География распространения диатомеи *Pl.laevis* в Среднеазиатском регионе охватывает различные типы водных объектов, включающих речные и озерные экосистемы, коллекторно-дренажную сеть, экологически значимыми характеристиками которых являются довольно высокие значения минерализации воды и повышенный уровень трофности экосистемы. Для этого вида характерны так называемые маятниковые инвазии (Тальских и др., 2007; Тальских, 2021), а именно – спонтанное появление и заметное развитие *Pl.laevis*, особенно в речных экосистемах, в неблагоприятные гидрологические фазы, когда речная система теряет свою экологическую сущность из-за крайне низкого речного стока, приводящего аномальному росту минерализации, к заболачиванию прибрежной рипали и интенсификации процессов вторичного загрязнения – "гниение реки".

По экологическому статусу эту диатомею можно отнести к солоноватоводно-морскому виду. По нашим данным оптимальные условия для ее развития складывались в эвтрофированных озерах (например в оз.Тайлы и оз.Акушпа) с минерализацией воды не превышающей 35 г/л и в коллекторно-дренажной сети. Эта диатомея также может заметно развиваться в речных экосистемах региона в неблагоприятные маловодные фазы гидрологического режима, сопровождаемого увеличением экологической плотности загрязнений при пониженных расходах речного стока, ростом минерализации, аномальным развитием процессов эвтрофирования и, соответственно, увеличением санитарно-медицинских рисков для населения.

Вклад авторов. **В.Н.Тальских:** Методология, анализ, написание текста, руководство. **Л.А.Саидмахмудова:** обработка и анализ данных, подготовка рисунков, оформление. **Г.К.Ишчанова:** Сбор и обработка данных. Все авторы прочитали и согласны с опубликованной версией рукописи.

ЛИТЕРАТУРА

Апарин В.Б. Гидрохимические особенности Судочинского ветланда в условиях экологического стресса. / Экологическая устойчивость и передовые подходы к управлению водными ресурсами в бассейне Аральского моря: Труды Международной конференции. – Алматы-Ташкент, 2003. – С. 363-368.

Крейцберг-Мухина Е.А., Мирабдуллаев И.М., Тальских В.Н. Основные результаты экологического мониторинга ветланда Судочье. / Экологическая устойчивость и передовые подходы к управлению водными ресурсами в бассейне Аральского моря: Труды Международной конференции. – Алматы-Ташкент, 2003. – С. 355-363.

Matanazarova K.S., Gololobova M.A. First Record of Diatoma Species *Pleurosira laevis* (Ehrenberg) Compère for Uzbekistan and Central Asia // Russian Journal of Biological Invasions, 2017. – Т. 8, N. 1. – Р. 69-74.

РУз 52.25. 32-97 Рекомендации. Методы гидробиологического мониторинга водных объектов региона Центральной Азии. – Ташкент: Узгидромет, 1997. – 67 с.

Тальских В.Н. Исследования перифитона и зообентоса в озерах ветланда Судочье: основные результаты и извлеченные уроки / Экологическая устойчивость и передовые подходы к управлению водными ресурсами в бассейне Аральского моря: Труды Международной конференции. – Алматы-Ташкент, 2003. – С. 369-375.

Тальских В.Н., Кустарева Л.А., Мирабдуллаев И.М. Биологические инвазии в водоемах Центральной Азии // Известия Национальной Академии Наук Кыргызской Республики. – Бишкек: Илим, 2007. – Вып. 4. – С.85-89.

Тальских В.Н. Взаимосвязь воздействий изменения климата и процессов опустынивания на биоразнообразии: Мозаика глобальных экологических вызовов и востребованные направления адаптационной политики. Узгидромет/НИГМИ. – Ташкент: "Red Grey", 2021. – 82 с.

**ГИДРОБИОЛОГИК ТАДҚИҚОТ МАЪЛУМОТЛАРИГА КЎРА ЎЗБЕКИСТОНДА
PLEUROSIRA LAEVIS (EHRENBERG) COMPÈRE ДИАТОМЛИ СУВ ЎТЛАРИНИНГ
ЭКОЛОГИК ХУСУСИЯТЛАРИ****В.Н. ТАЛЬСКИХ¹, Л.А. САИДМАХМУДОВА¹, Г.К. ИШЧАНОВА¹**¹ Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати маркази, vladbio@mail.ru

Аннотация. Маколада Ўзгидрометнинг Гидробиологик мониторинг бўлими томонидан Ўзбекистон ҳудудида 1978 йилдан бошлаб ўтказилиб келинаётган Орол денгизи ҳавзасидаги сув объектларида перифитон биоценозларини ўрганиш бўйича экспедицион ва доимий тадқиқотларнинг умумлаштирилган натижалари келтирилган. Ушбу тадқиқотлар илгари нотўғри тарзда *Melosira* турига мансуб деб аниқланган *Pleurosira laevis* (Ehrenberg) Compère диатом сув ўтлари топилган Сирдарёнинг юқори ва ўрта оқимини, Амударёнинг ўрта ва қуйи оқимини, жумладан суғориладиган майдонлардаги коллекторларни ва унинг дельтасидаги ташлама қўлларни, шунингдек, Зарафшон ва Чирчиқ дарёларининг ўрта оқимини қамраб олган.

Калит сўзлар: Коллекторлар, ташлама қўллар (вэтландлар), перифитон биоценозлари, диатом сув ўтларининг доминант ва субдоминант комплекслари, *Pleurosira laevis* (Ehrenberg) Compère диатомеяси.

**FEATURES OF THE ECOLOGY OF THE DIATOM *PLEUROSIRA LAEVIS*
(*EHRENBERG*) *COMPÈRE* IN UZBEKISTAN ACCORDING TO HYDROBIOLOGICAL
RESEARCH DATA****V.N. TALSUKH¹, L.A. SAIDMAKHMUDOVA¹, G.K. ISHCHANOVA¹**¹ Center of the Hydrometeorological Service of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, vladbio@mail.ru

Abstract. This report provides generalized results of expeditionary and routine studies of periphyton biocenoses in water bodies in the Aral Sea basin, carried out by the Department of hydrobiological monitoring of Uzhydromet in Uzbekistan since 1978. The geography of the described studies covers the upper and middle reaches of the Syr Darya, the middle and lower reaches of the Amu Darya, including collectors draining agricultural irrigated areas and irrigation-discharge lakes of its delta, as well as the middle reaches of the Zarafshan and Chirchik rivers, in which the *Pleurosira laevis* (Ehrenberg) Compère diatom was found, previously mistakenly identified as a member of the genus *Melosira*.

Keywords: collectors, irrigation-discharge lakes (wetlands), periphyton biocenoses, dominant and subdominant complexes of diatoms, diatom *Pleurosira laevis* (Ehrenberg) Compère.

REFERENCES

Aparin V. B. Gidrokhimicheskiye osobennosti Sudochinskogo vetlanda v usloviyakh ekologicheskogo stressa. [Hydrochemical characteristics of the Sudochye wetland under environmental stress. Environmental sustainability and advanced approaches to water resources management in the Aral Sea basin. Proceedings of the International Conference.]. – Almaty-Tashkent, 2003. – PP. 363-368. (in Russian)

Kreitsberg-Mukhina E.A., Mirabdullaev I.M., Talsukh V.N. Osnovnyye rezultaty ekologicheskogo monitoringa vetlanda Sudoch'ye. [The main results of environmental monitoring of the Sudochye wetland. Environmental sustainability and advanced approaches to water resources management in the Aral Sea basin. Proceedings of the International Conference.]. – Almaty-Tashkent, 2003. – PP. 355-363. (in Russian)

RUz 52.25. 32-97. Rekomendatsii. Metody gidrobiologicheskogo monitoringa vodnykh ob'yektov regiona Sentralnoy Azii. [RUz 52.25. 32-97 Recommendations. Methods of hydrobiological monitoring of water bodies in the Central Asia region]. – Tashkent: Uzhydromet, 1997. – 67 p. (in Russian)

Talskikh V.N. Issledovaniya perifitona i zoobentosa v ozerakh Sudocho'ye: osnovnyye rezultaty i izvlechenyye uroki. [Research of periphyton and zoobenthos in lakes of Sudochoye wetland: main results and lessons learned. Environmental sustainability and advanced approaches to water resources management in the Aral Sea basin. Proceedings of the International Conference.]. – Almaty-Tashkent, 2003. – PP. 369-375. (in Russian)

Talskikh V.N., Kustareva L.A., Mirabdullaev I.M. Biologicheskiye invazii v vodoyemakh Sentralnoy Azii [Biological invasions in water bodies of Central Asia] // News of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic. – Bishkek: Ilim, 2007. – Issue 4, – PP. 85-89. (in Russian)

Talskikh V.N. Vzaimosvyaz vozdeystviy izmeneniya klimata i protsessov opustynivaniya na bioraznoobraziye: Mozaika globalnykh ekologicheskikh vyzovov i vostrebovannyye napravleniya adaptatsionnoy politiki [Interrelation of the impacts of climate change and desertification processes on biodiversity: Mosaic of global environmental challenges and demanded directions of adaptation policy]. Uzhydromet / NIGMI. – Tashkent: “Red Gray”, 2021. – 82 p. (in Russian)

УДК 504.4.054:504.453

СУРХОНДАРЁ ДАРЁСИ СУВИ СИФАТИНИНГ ЗАМОНАВИЙ ЎЗГАРИШЛАРИ

Б.Э.НИШОНОВ^{1*}, И.П.РАЗИКОВА¹

¹ Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, bnishonov@mail.ru

Аннотация. Мақолада Сурхондарё дарёси суви сифатининг замонавий ўзгаришлари таҳлил қилинган. Сурхондарё дарёсидаги Шўрчи ва Термиз сув сифатини кузатиш пунктларининг кўпйиллик (1990-2019йй.) маълумотлари асосида минерализация, органик ифлосланишлар, биоген моддалар, фторидлар, оғир металлларнинг ойлар бўйича, йилчидаги ва кўпйиллик ўзгаришлари ўрганилган. Антропоген таъсир натижасида дарёнинг қуйи қисмида ушбу моддаларнинг дарё сувидаги миқдорлари ортиши аниқланган.

Калит сўзлар: сув сифати, минерализация, органик ифлосланиш, БКИ, ККИ, биоген моддалар, фторидлар, оғир металллар, Сурхондарё дарёси.

Кириш. Сурхондарё дарёси Амударёнинг энг йирик ирмоқларидан бири ҳисобланади. Дарё Ҳисор тоғ тизмасининг жанубий қияликларидан оқиб тушувчи Тўпаланг ва Қоратоғ дарёларининг қўшилишидан ҳосил бўлади. Дарёга қуйироқда ўнг ирмоқлар – Сангардак ва Хўжаипок дарёлари қуйилади [Шульц, 1965]. В.Е.Чуб маълумотларига кўра Тўпаланг ва Қоратоғ дарёлари қор-музликликлардан тўйинувчи дарёларга, Шеробод ва Сангардак дарёлари қордан тўйинувчи дарёларга, Обизаранг, Халқажар, Оккипчағай, Хўжаипок дарёлари қор-ёмғирдан тўйинувчи дарёларга киради [Чуб, 2007].

Сурхондарё дарёси сув ресурслари В.Л.Шульц, В.Е.Чуб ва бошқалар томонидан ўрганилган. Дарёнинг гидрокимёвий режими ва сув сифати илмий адабиётларда кам ёритилган. Фақат Ф.Э.Рубинова ўз тадқиқотларида дарё гидрокимёвий режимини 1970-1980 йиллардаги ўзгаришларини ўрганган [Рубинова, Куропатка, 1980; Рубинова, Иванов, 2005]. Бироқ, Сурхондарё дарёси сув сифатининг сўнгги 30 йил давомидаги ўзгаришлари илмий адабиётларда ёритилмаган.

Сурхондарё дарёсининг Сурхондарё вилояти иқтисодиёти тармоқлари учун муҳим аҳамиятини ҳисобга олган ҳолда дарё сув сифатининг замонавий ҳолатини ўрганиш долзарб вазифа ҳисобланади. Ушбу тадқиқотнинг мақсади Сурхондарё дарёси сув сифатининг ҳудуд ва вақт бўйича ўзгаришларини аниқлаш ҳисобланади. Тадқиқотнинг

*Масъул муаллиф: bnishonov@mail.ru, тел.: +998 97 197-03-95

объекти Сурхондарё дарёси, тадқиқотнинг **предмети** эса дарёнинг сув сифати ҳисобланади.

Бирламчи маълумотлар ва тадқиқот усуллари. Тадқиқот ишини бажаришда Сурхондарё дарёси сув сифати мониторингининг сўнгги 30 йиллик (1990-2019 йй.) маълумотларидан фойдаланилди [Ежегодники, 1990-2019]. Ҳозирги вақтда Сурхондарё дарёсида, ирмоқларини ҳисобга олмаганда, Ўзгидрометнинг 2 та сув сифатини кузатув пунктлари мавжуд. Дарё сувидан намуналар йил давомида 12 марта (ҳар ойда) олинади ва лабораторияда таҳлил қилинади.

Ишда замонавий гидрохимёвий ҳисоблашлар, статистик ва умумлаштириш усулларидан фойдаланилди. Дарёнинг гидрохимёвий режимини ўзгаришларини аниқлаш учун сув сифат кўрсаткичлари (минерализация, асосий анион ва катионлар, биоген моддалар, феноллар, фторидлар, оғир металллар, органик ифлоснишлар)нинг кўпйиллик ўртача миқдорларини ҳисоблаш, минерализацияни йил ичида ўзгаришларини (C_{\max}/C_{\min}) ва вариация коэффициентларини (C_v) таҳлили ўтказилди. Вариация коэффициенти қуйидаги формула билан ҳисобланади:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{(n-1)}}, \quad (1)$$

бу ерда: k – коэффициент, қатор ҳар бир аъзосининг ўртача қийматга нисбати, яъни $k_1 = C_1/C_{\text{ўрм}}$, $k_2 = C_2/C_{\text{ўрм}}$, $k_n = C_n/C_{\text{ўрм}}$; n – кузатиш йиллари сони [Методические..., 1986].

Сув сифатини комплекс баҳолаш учун Сувни ифлосланиш индекси (СИИ) кўрсаткичидан фойдаланилди [Методические..., 1988]. СИИни ҳисоблашда 6 та асосий кўрсаткичлар – минерализация, сувда эриган кислород ва рухсат этилган концентрация (РЭК)га нисбатан энг юқори қийматга эга бўлган компонентлар олинади:

$$СИИ = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{РЭК_i} \quad (2)$$

бу ерда: C_i – компонент концентрацияси ёки кўрсаткич қиймати; $РЭК_i$ – компонент ёки кўрсаткичнинг рухсат этилган концентрацияси (меъёри); 6 – ҳисоблаш учун фойдаланиладиган кўрсаткичлар сони.

Асосий натижалар ва уларнинг муҳокамаси. Сурхондарё хавзасидаги дарёларда гидрологик кузатишлар 1927 йилда бошланган. Бунда Арпасой ва Мангузар қишлоқлари яқинидаги гидрология постларида сув ўлчаш ишлари амалга оширила бошланган. Кейинчалик гидрология постлари сони ортиб бориб, 1930 йилда 30 та, 1960 йилда 24 та пост мавжуд бўлган бўлса, 2001 йилдан буён 12 та постда гидрологик ўлчашлар олиб борилади.

Сурхондарё дарёси гидрологик режимида тўлинсув кўтарилиш даври (апрель-июнь), тўлинсув тушиш даври (июль-сентябрь) ва кам сувли давр (октябрь-март) кузатилади [Рубинова, Куропатка, 1980].

Сурхондарё дарёсининг сув сифатини мониторинг қилиш 1938 йилда Шўрчи қишлоғи ва Термиз шаҳри яқинида бошланган. Шўрчи кузатув пункти Сурхондарё дарёсининг ўрта қисмида, Шўрчидан 4 км жанубий-шарқда, Жанубий Сурхон сув омборидан 17 км юқорида жойлашган. Иккинчи пункт эса Термиз шаҳри чегарасида, Мангузар қишлоғидан 5,5 км қуйида жойлашган. Ҳозирги вақтда Шўрчи яқинидаги пункт Жанубий Сурхон сув омборидан юқорида дарё сувининг сифати ҳақида маълумот олишга имкон беради. Термиз шаҳри яқинидаги пунктда дарёнинг қуйилиш қисмидаги сув сифати ҳақида маълумот олиш, шунингдек “Сувоқава” корхонаси оқава сувларининг дарё сув сифатига таъсирини аниқлаш мумкин бўлади.

Сурхондарё дарёсидаги кузатув пунктларида йил давомида ҳар ойда олинган сув намуналари 40 дан ортиқ физик-кимёвий кўрсаткичларга таҳлил қилинади. Бунда рН, электрўтказувчанлик, сувда эриган кислород, углерод диоксид, минерализация, кислороднинг кимёвий истеъмоли (ККИ), кислороднинг биокимёвий истеъмоли (КБИ), асосий анион ва катионлар, биоген моддалар, фторидлар, феноллар, оғир металллар, синтетик сирт фаол моддалар, пестицидлар аниқланади.

Тадқиқот давомида Сурхондарё дарёсидаги 2 та кузатиш пунктидаги сув сифатининг кўп йиллик (1990-2019 йй.) маълумотлар базаси шакллантирилди ва маълумотлар асосида сув сифати ва уни ўзгаришлари таҳлил қилинди. 1-жадвалда 1990-2019 йилларда Сурхондарё дарёси сув сифати кўрсаткичларининг ойлик минимал, максимал ва ўртача кийматлари келтирилган.

Юқорида таъкидлаб ўтилганидек, Сурхондарё дарёси суви гидрокимёвий таркибининг шаклланишига юқори оқимидаги ирмоқлари – Тўпаланг, Қоратоғ, Сангардак, Хўжаипок ва бошқа дарёларнинг сув таркиби, шунингдек, антропоген омиллар таъсир қилади. Оқим шаклланиш зонасида гидрокимёвий режим асосан гидрологик режимга боғлиқ бўлиб, сув сарфи ортиши билан минерализация камаяди ва аксинча, сув сарфи камайиши билан минерализация ортади. Э.Ф.Рубинова фикрича, Сурхондарё дарё оқимидан фойдаланишнинг барча даражасида фазавий ўзгаришлар кузатилади ва минерализация ортади [Рубинова, Куропатка, 1980]. Минерализация кўпсувлик йилларга нисбатан камсувлик йилларда кўпроқ ортади.

1-жадвал

Сурхондарё дарёси суви сифатининг асосий кўрсаткичлари (1990-2019йй.)

Таблица 1

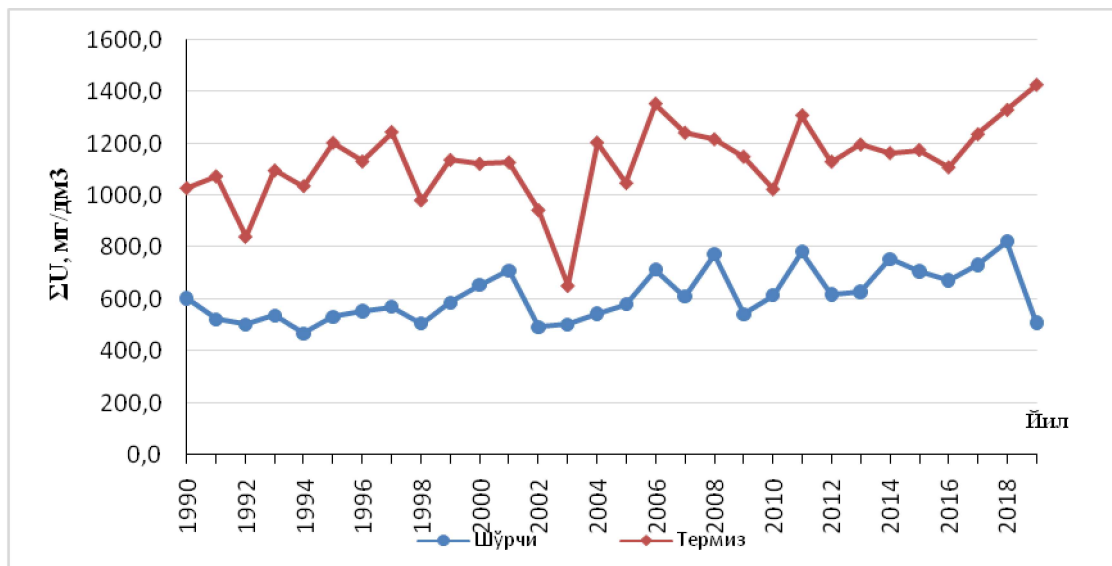
Основные показатели качества воды реки Сурхандарья (1990-2019гг.)

Table 1

Main parameters of the water quality of the Surkhondaryo River (1990-2019)

| Концентрация, мг/дм ³ | Кузатишпункти | | | | | |
|--|----------------------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|
| | Сурхондарё д., Шўрчи | | | Сурхондарё д., Термиз | | |
| | мин. | макс. | ўртача | мин. | макс. | ўртача |
| Минерализация | 201,0 | 1569,7 | 625,3 | 174,0 | 1724,3 | 1088,8 |
| СГ | 4,9 | 83,7 | 24,4 | 11,6 | 403,0 | 100,8 |
| SO₄²⁻ | 34,9 | 769,0 | 233,0 | 155,0 | 853,0 | 533,1 |
| HCO₃⁻ | 82,4 | 321,0 | 187,2 | 65,6 | 389,0 | 185,2 |
| Na⁺ | 3,1 | 114,6 | 35,5 | 13,7 | 230,9 | 112,4 |
| K⁺ | 0,0 | 9,0 | 2,0 | 0,0 | 6,0 | 3,0 |
| Ca²⁺ | 32,1 | 254,0 | 89,0 | 49,1 | 196,0 | 141,3 |
| Mg²⁺ | 4,9 | 105,8 | 31,9 | 5,47 | 130,7 | 58,1 |
| N-NH₄⁺ | 0,0 | 1,25 | 0,04 | 0,0 | 0,49 | 0,03 |
| N-NO₂⁻ | 0,0 | 0,13 | 0,02 | 0,0 | 0,18 | 0,02 |
| N-NO₃⁻ | 0,01 | 11,09 | 1,48 | 0,01 | 4,68 | 1,14 |
| ККИ, мгО/дм³ | 0,9 | 50,5 | 7,2 | 1,5 | 40,5 | 14,0 |
| КБИ, мгО₂/дм³ | 0,1 | 11,5 | 1,4 | 0,1 | 5,3 | 1,3 |

Сурхондарё дарёсининг Шўрчи кузатув пунктида минерализация миқдори ўртача 625,3 мг/дм³ ни ташкил қилса, дарё куйи қисмида - Термиз кузатув пунктида минерализация миқдори ўртача 1088,2 мг/дм³ни ташкил қилади (1-жадвал). Минерализациянинг ўртача йиллик миқдори мос равишда 467,4-823,1 мг/дм³ ва 651,1-1425,0 мг/дм³ оралиқда кузатилади (1-расм).



1-расм. Сурхондарё дарёси суви минерализациясининг йиллик ўртача миқдори (1990-2019 йй.)

Рис.1. Среднегодовая минерализация воды реки Сурхондарья (1990-2019гг.)

Fig.1. Average yearly water mineralization of the Surkhondaryo River (1990-2019)

Сурхондарё дарёси сувининг минерализацияси Алёкин таснифига кўра ўртача минераллашган сувлардан (Шўрчи кузатув пункти) юқори минераллашган сувларгача (Термиз кузатув пункти) ўзгаради. Дарёнинг куйи қисмида минерализациянинг ортишининг сабаблари – дарё оқимининг сув омборлари билан тартибга солиниши, сув оқимининг камайиши ва дарёга коллектор-дренаж сувларининг тушиши ҳисобланади.

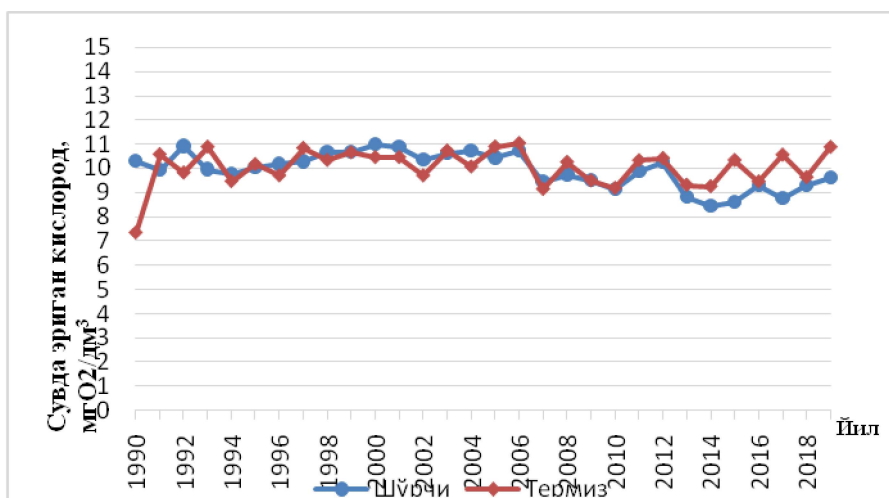
Сурхондарё дарёсида минерализациянинг ойлар бўйича кўпйиллик ўзгаришлари орасидаги фарқ - $C_{\text{макс}}/C_{\text{мин}}$ Шўрчи ва Термиз кузатув пунктлари учун мос равишда 1,80 ва 4,08 ни, (1) формула бўйича ҳисобланган вариация коэффициенти 0,16 ва 0,14 ни ташкил қилади.

Сурхондарё дарёсида дарё оқими бўйлаб минерализациянинг ортиши билан ион таркиби ҳам ўзгаради (1-жадвал). Дарёлар сувидаги асосий ионлар – Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- сувда эриган моддаларнинг 90% гачани ташкил этганлиги сабабли ўрганилаётган сув объектларининг ион таркибини тавсифлаш учун қўлланилади. Таҳлиллар натижаларига кўра, Сурхондарё дарёси сувида оқим бўйлаб анионлардан хлорид ва сульфат миқдори бир неча марта ортади, катионлардан эса натрий ва магний миқдори сезиларли ортади. Фақатгина, гидрокарбонат миқдори дарё оқими бўйлаб деярли ўзгармайди.

Дарёлар сув сифатининг асосий кўрсаткичларидан бири – сувда эриган кислород ҳисобланади, унинг ер усти сувларидаги миқдори $6 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ дан кам бўлмаслиги керак. Сурхондарё дарёсида сувда эриган кислороднинг ўртача йиллик миқдори $7-11 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ оралиқда кузатилади.

Сурхондарё дарёсининг умумий органик ифлосланганлигини тавсифлаш учун кислороднинг биокимёвий истеъмоли (КБИ) ва кислороднинг кимёвий истеъмоли (ККИ) кўрсаткичларидан фойдаланилди. Кислороднинг кимёвий истеъмоли (ККИ) сув таркибидаги органик моддаларни оксидловчи моддалар таъсирида кимёвий оксидлаш жараёнида истеъмол қилинган кислород миқдорини билдиради. Кислороднинг биокимёвий истеъмоли (КБИ₅) сувдаги осон оксидланадиган органик моддалар билан ифлосланишни акс эттиради. Сурхондарё дарёсининг дарё оқими бўйлаб ўртача кўп йиллик ККИ миқдори Шўрчи кузатув пунктида $3,50-11,64 \text{ mgO}/\text{dm}^3$, Термиз кузатув

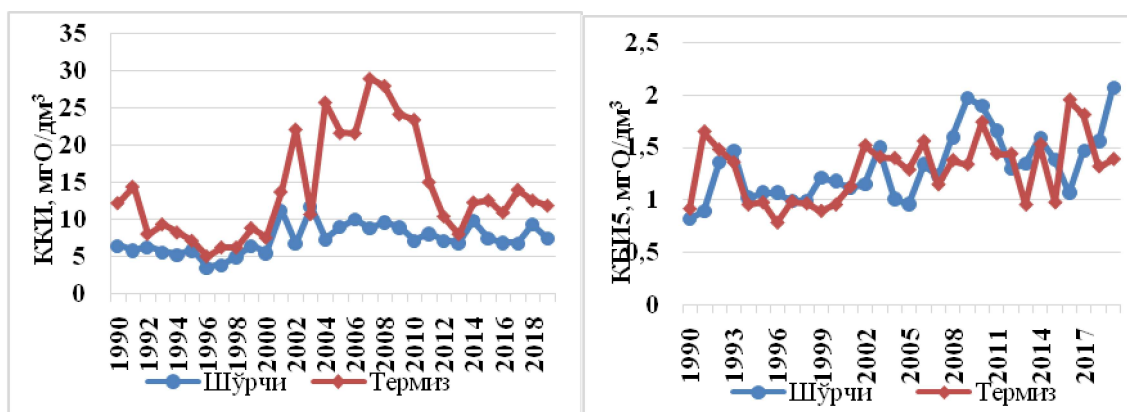
пунктида $5,00-28,94 \text{ мгО}/\text{дм}^3$ оралиғида, кислороднинг биокимёвий истеъмоли (КБИ₅)нинг ўртача кўп йиллик миқдори мос равишда $0,82-2,07 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ ва $0,79-1,95 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ оралиғида кузатилади.



2-расм. Сурхондарё дарёси сувида эриган кислород концентрацияси (1990-2019 йй.)

Рис. 2. Концентрация растворенного кислорода в воде реки Сурхандарья (1990-2019 гг.)

Fig. 2. Concentration of dissolved oxygen in the water of the Surkhondaryo River (1990-2019)

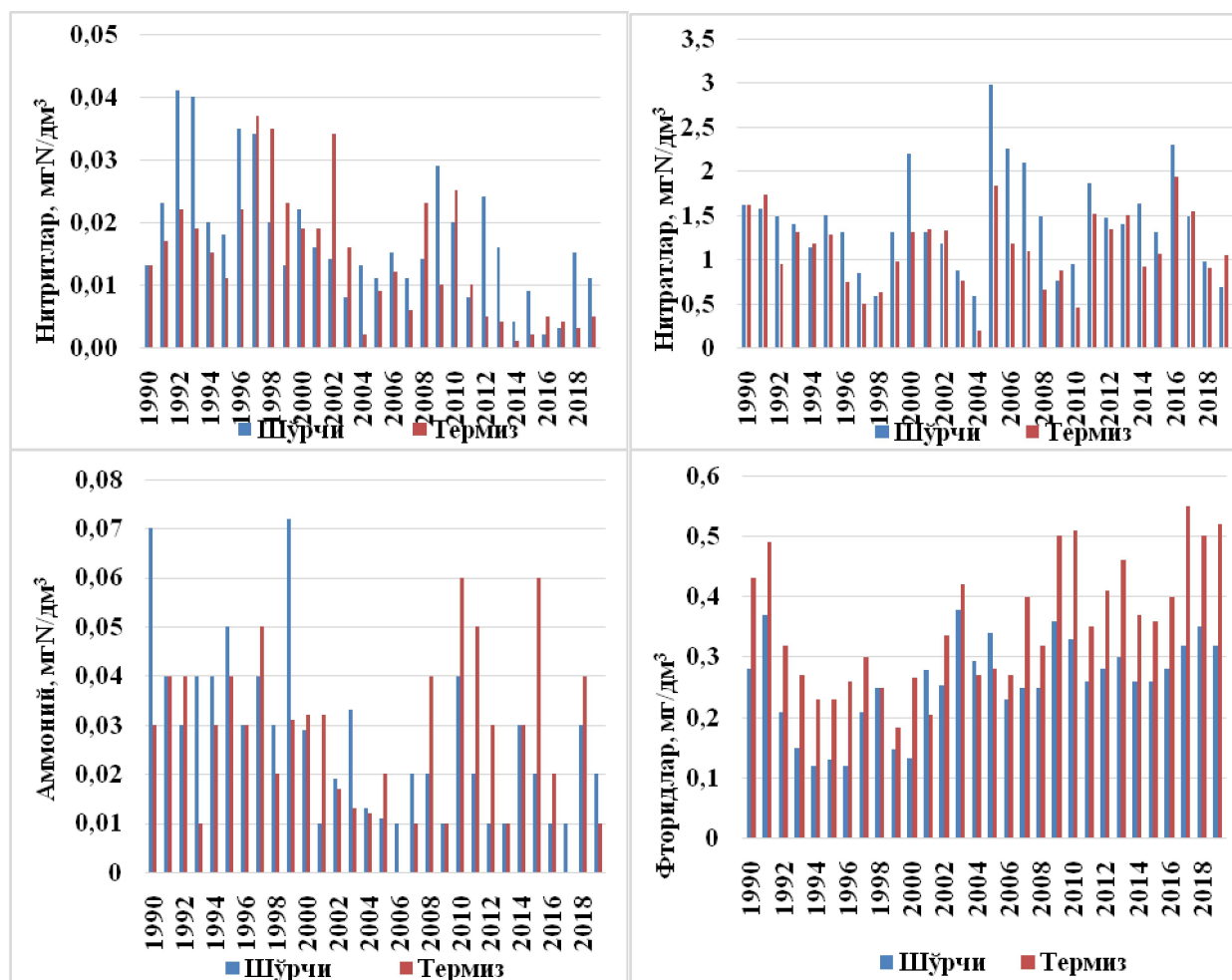


3-расм. Сурхондарё дарёси сувида ККИ ва КБИ кўрсаткичлари (1990-2019 йй.)

Рис. 3. Показатели ХПК и БПК в воде реки Сурхандарья (1990-2019 гг.)

Fig. 3. COD and BOD in the water of the Surkhondaryo River (1990-2019)

Сурхондарё дарёси сувини биоген моддалардан азот бирикмалари (аммоний (NH_4^+), нитрит (NO_2^-) ва нитрат (NO_3^-) ионлари билан ифлосланиши ўрганилганда, дарё сувини нитритлар билан ифлосланиши 1990-2012 йилларда рухсат этилган концентрация (РЭК) дан юқори даражада эканлиги аниқланди (4-расм). Аммоний ва нитратлар бўйича ифлосланиш даражаси юқори эмаслиги кузатилди. Биоген моддалар сифатидаги азот бирикмалари - аммоний, нитритлар ва нитратларнинг дарё сувида тушишининг асосий манбалари саноат, хўжалик-маиший ва қишлоқ хўжалиги оқова сувлари ҳисобланади.



4-расм. Сурхондарё дарёси сувида азот бирикмалари ва фторидларнинг ўртача йиллик миқдори (1990-2019 йй.)

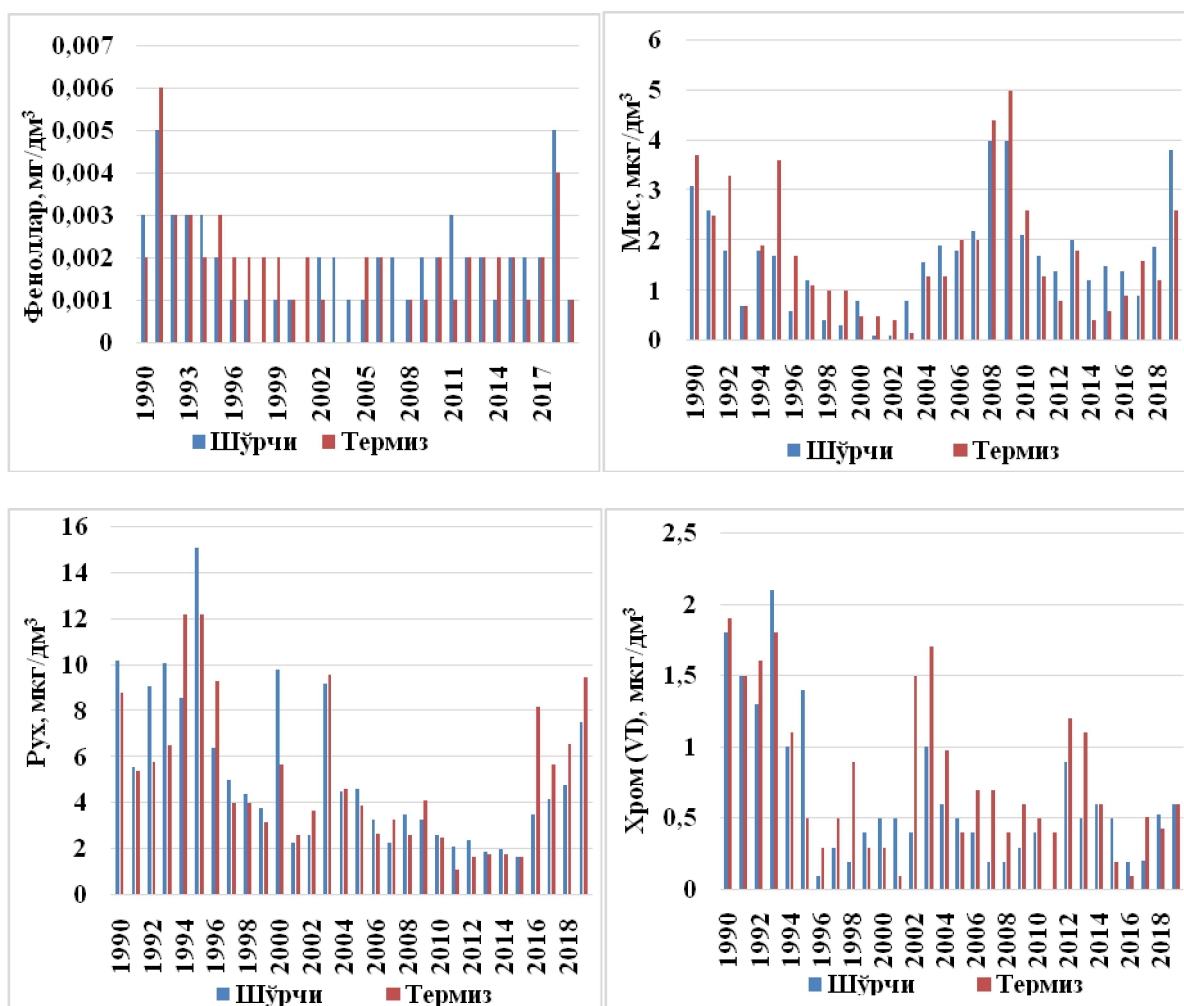
Рис. 4. Среднегодовая концентрация азотных соединений и фторидов в воде реки Сурхондарья (1990-2019гг.)

Fig. 4. Average yearly concentration of nitrogen components and fluorides in the water of the Surkhondaryo River (1990-2019)

Кўп йиллар давомида Сурхондарё вилоятида атроф-муҳитни (атмосфера хавоси, сув, тупроқни) фтор бирикмалари билан ифлосланишини асосий манбаси Тожикистон алюминий заводи, деб ҳисобланган. Сурхондарё дарёси сувидаги фторидларнинг ўртача йиллик миқдорлари РЭК ($0,75 \text{ мг/дм}^3$) дан паст миқдорда кузатилади, бироқ Термиз кузатув пунктида унинг миқдори Шўрчи кузатув пунктига нисбатан юқори (4-расм).

Ўзбекистон дарёларида табиий омиллар (тоғ жинсларидаги миқдорининг юқорилиги) сабабли феноллар миқдори РЭК ($0,001 \text{ мг/дм}^3$) дан юқори миқдорларда кузатилади, бу ҳолат Сурхондарё дарёси учун ҳам хос (5-расм).

Сўнгги йилларда Сурхондарё дарёсида мис миқдори РЭК (1 мкг/дм^3)га яқин ва ундан юқори, рух (РЭК= 10 мкг/дм^3) ва хром (РЭК= 1 мкг/дм^3) нисбатан паст миқдорларда кузатилади (5-расм).



5-расм. Сурхондарё дарёси сувида феноллар ва оғир металлларнинг ўртача йиллик миқдори (1990-2019 йй.)

Рис. 5. Среднегодовая концентрация фенолов и тяжелых металлов в воде реки Сурхандарья (1990-2019 гг.)

Fig.5. Average yearly concentration of phenols and heavy metals in the water of the Surkhondaryo River (1990-2019)

Юқорида келтирилганидек, республикада сув сифатини комплекс баҳолаш учун сувнинг ифлосланиш индексида (СИИ) фойдаланилади. СИИ бўйича сувлар етти синфга ажратилади: I синф – тоза сувлар, II синф – кучсиз ифлосланган, III синф – қисман ифлосланган, IV синф – кам ифлосланган, V синф – ифлосланган, VI синф – ифлос ва VII синф – жуда ифлос сувлар [Национальный доклад, 2013].

Дарёнинг Шўрчи ва Термиз кузатув пунктларида сув сифати 1990-2019 йиллар давомида СИИ бўйича II (кучсиз ифлосланган) синфдан III (қисман ифлосланган) синф оралиғида ўзгаради. Шўрчи пунктида сўнги 2018-2019 йилларда, Термиз пунктида эса сўнги 2017-2019 йилларда сув сифати III синфга мос келиши аниқланди.

Сурхондарё дарёси оқими бўйлаб сув сифатига антропоген таъсирнинг ортишини баҳолаш учун Шўрчи ва Термиз кузатув пунктларидаги маълумотлар дарёнинг юқори оқимидаги (Қоратоғ дарёсининг қуйилиш қисмидаги кузатув пункти) маълумотлар билан солиштирилди. Таҳлиллар дарёнинг юқори қисмига нисбатан Шўрчи ва Термиз кузатув

пунктларида минерализация мос равишда 1,6 ва 2,8 мартага, органик ифлосланиш (ККИ бўйича) 1,5 ва 2,8 мартага ортганини кўрсатди.

2-жадвал

Сурхондарё дарёси сувининг ифлосланиш даражаси, СИИ (1990-2019 йй.)

Таблица 2

Степень загрязнения воды реки Сурхондарья, ИЗВ (1990-2019 гг.)

Table 2

Water contamination degree of the Surkhondaryo River, WPI (1990-2019)

| | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| Шўрчи | 1,63 III | 1,86 III | 1,53 III | 1,53 III | 1,34 III | 1,26 III | 0,87 II | 0,90 II | 0,78 II | 0,74 II | 0,84 II | 0,29 II | 0,71 II | 1,03 II | 0,76 II |
| Термиз | 1,62 III | 2,03 III | 1,68 III | 1,31 III | 1,20 III | 1,66 III | 1,16 III | 1,21 III | 1,46 III | 1,12 III | 0,90 II | 0,93 II | 1,04 II | 1,02 II | 1,04 II |
| | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
| Шўрчи | 0,90 II | 0,98 II | 1,11 III | 1,98 III | 1,48 III | 1,18 III | 1,22 III | 0,94 II | 1,16 III | 0,79 II | 0,90 II | 1,05 II | 0,86 II | 1,66 III | 1,30 III |
| Термиз | 1,10 III | 1,41 III | 1,15 III | 1,62 III | 1,61 III | 1,42 III | 0,86 II | 0,97 II | 1,18 III | 0,87 II | 0,97 II | 0,83 II | 1,11 III | 1,47 III | 1,20 III |

Изох: * суратда – СИИ миқдори, махражда - сувнинг ифлосланиш даражаси синфи.

Хулоса. Сурхондарё дарёси сув сифатининг асосий кўрсаткичларини 1999-2019 йиллардаги маълумотлари таҳлили асосида дарё оқими бўйлаб минерализация, асосий анион ва катионлар, органик ифлосланишлар миқдори ортиши аниқланди. Дарёнинг куйи қисмида ифлосланишлар асосан коммунал маиший, саноат ва қишлоқ хўжалик оқаваларининг дарёга ташланиши сабабли содир бўлади. Сурхондарё дарёсига антропоген таъсирнинг ортиши дарё оқими бўйлаб сув сифатини ёмонлашишига олиб келмоқда.

Муаллифлар ҳиссаси. **Б.Э.Нишон:** Мақола ғояси, методология, таҳлил, матнни ёзиш, раҳбарлик. **И.Р.Разикова:** Маълумотларни тўплаш, таҳлил қилиш, графикларни тузиш, матнни ёзиш. Барча муаллифлар қўлёзманинг нашр этилган шакли билан танишдилар ва ўз розилиklarини бердилар.

АДАБИЁТЛАР

Алексин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеоздат, 1970. – 444 с.

Ежегодники качества поверхностных вод на территории деятельности Узгидромета за 1990-2019 гг. – Ташкент: Узгидромет.

Национальный доклад о состоянии окружающей среды и использовании природных ресурсов в Республике Узбекистан / Под общей ред. Н.М.Умарова. – Ташкент: Chinor ENK, 2013. – 256 с.

Методические рекомендации по учету влияния хозяйственной деятельности на сток малых рек при гидрологических расчетах для водохозяйственного проектирования. – Л.: Гидрометеоздат, 1986. – 166 с.

Методические рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. – М.: Госкомгидромет, 1988. – 12 с.

Рубинова Ф.Э., Иванов Ю.Н. Качество воды рек бассейна Аральского моря и его изменение под влиянием хозяйственной деятельности. – Ташкент: НИГМИ, 2005. – 185 с.

Рубинова Ф.Э., Куропатка Л.М. Гидрохимический режим Кафирнигана и Сурхондарья и его изменение под влиянием хозяйственной деятельности // Труды САНИИ Госкомгидромета. – Москва: Гидрометеоздат, 1980. – Вып. 77(158). – С.103-107.

Чуб В.Е. Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы Республики Узбекистан. – Ташкент, НИГМИ. 2007. – 132 с.

Шульц В.Л. Реки Средней Азии. – Л.: Гидрометеоздат, 1965. – 692 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ РЕКИ СУРХАНДАРЬЯ

Б.Э. НИШОНОВ¹, И.Р. РАЗИКОВА¹¹ Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, bnishonov@mail.ru

Аннотация. В статье анализированы современные изменения качества воды реки Сурхандарья. На основе многолетних (1990-2019гг.) данных пунктов наблюдения качества воды Шурчи и Термез на реке Сурхандарья исследованы месячные, внутригодовые и многолетние изменения минерализации, органического загрязнения, биогенных веществ, фторидов, тяжелых металлов. Выявлено повышение содержания этих компонентов в воде в нижнем течении реки.

Ключевые слова: качество воды, минерализация, органическое загрязнение, БПК, ХПК, биогенные вещества, фториды, тяжелые металлы, река Сурхандарья.

CONTEMPORARY CHANGES OF THE SURKHANDARYA RIVER WATER QUALITY

B.E. NISHONOV¹, R.I. RAZIKOVA¹¹ Hydrometeorological Research Institute, bnishonov@mail.ru

Abstract. The article analyzes contemporary changes in the water quality of the Surkhondaryo River. Based on long-term (1990-2019) data from the water quality observation points of Shurchi and Termez on the Surkhondaryo River, monthly, intra-annual and multi-year changes in mineralization, organic pollution, biogenic substances, fluorides, heavy metals were investigated. Increasing of these components content in the water in the lower reaches of the river was revealed.

Keywords: water quality, mineralization, organic pollution, BOD, COD, biogenic substances, fluorides, heavy metals, Surkhondaryo River.

REFERENCES

- Alekin O.A. Osnovi gidroximii. [Basics of hydrochemistry]. – L.: Gidrometeoizdat, 1970. – 444 p. (in Russian)
- Yejegodniki kachestva poverxnostnix vod na territorii deyatelnosti Uzgidrometa za 1990-2019 gg. [Yearbooks of surface water quality in the territory of Uzgidromet activity for 1990-2019]. – Tashkent: Uzgidromet. (in Russian)
- Natsionalniy doklad o sostoyanii okrujayushey sredi i ispolzovanii prirodnix resursov Respubliki Uzbekistan [National report on state of the environment and use of the natural resources of the Republic of Uzbekistan]. Eds. N.M.Umarov. – Tashkent: Chinor ENK, 2013. – 256 p. (in Russian)
- Metodicheskiyi rekomendasii po uchetu vliyaniya xozyaystvennoy deyatelnosti na stok malix rek pri gidrologicheskix raschetax dlya vodoxozyaystvennogo proyektirovaniya [Methodological recommendations to take into account the impact of economic activity on the flow of small rivers in hydrological calculations for water management design]. – L.: Gidrometeoizdat, 1986. – 166 p. (in Russian)
- Metodicheskiyi rekomendasii po formalizovannoy kompleksnoy osenke kachestva poverxnostnix i morskix vod po gidroximicheskim pokazatelyam [Methodological recommendations on formalized integrated assessment of surface and sea water quality according to hydrochemical characteristics]. – M.: Goskomgidromet, 1988. – 12 p. (in Russian)
- Rubinova F.E., Ivanov Yu.N. Kachestvo vodi rek basseyna Aralskogo moray i yego izmeneniye pod vliyaniem xozyaystvennoy deyatelnosti [Water quality of the rivers of the Aral Sea basin and its change under the influence of economic activity]. – Tashkent: NIGMI. 2005. – 185 p. (in Russian)
- Rubinova F.E., Kuropatka L.M. Gidroximicheskiiy rejim Kafirnigana i Surxandar'i i yego izmeneniye pod vliyaniem xozyaystvennoy deyatelnosti [Hydrochemical regime of Kafirnigan and Surhandarya and its change under the influence of economic activity] // Proceedings of SANII of the Goskomgidromet. – Moskva: Gidrometeoizdat, 1980. V. 77(158). – PP. 103-107. (in Russian)

Chub V.E. Izmeneniye klimata i yego vliyaniye na gidrometeorologicheskiyi protsessi, agroklimaticheskiyi i vodniyi resursi Respubliki Uzbekistan [Climate change and its impact on the hydrometeorological processes, agroclimatic and water resources of the Republic of Uzbekistan]. – Tashkent: NIGMI. 2007. – 132 p. (in Russian)

Shults V.L. Reki Sredney Azii [Rivers of Central Asia]. – L.: Gidrometeoizdat, 1965. – 692 p. (in Russian)