

Водные биоресурсы и среда обитания
2024, том 7, номер 4, с. 40–53
<http://journal.azniirkh.ru>, www.azniirkh.ru
ISSN 2618-8147 print, ISSN 2619-1024 online



Aquatic Bioresources & Environment
2024, vol. 7, no. 4, pp. 40–53
<http://journal.azniirkh.ru>, www.azniirkh.ru
ISSN 2618-8147 print, ISSN 2619-1024 online

УДК 556.531.4+504.5+574.632(28)

https://doi.org/10.47921/2619-1024_2024_7_4_40

EDN: LSWYIS



Для цитирования: Косенко Ю.В., Кораблина И.В., Горгола Л.Г., Баскакова Т.Е., Елфимова Н.С. Условия среды обитания водных биоресурсов на акватории Нижнего Дона (2015–2024 гг.). *Водные биоресурсы и среда обитания*. 2024. Т. 7, № 4: 40–53. https://doi.org/10.47921/2619-1024_2024_7_4_40.

For citation: Kosenko Yu.V., Korablina I.V., Gorgola L.G., Baskakova T.E., Elfimova N.S. Habitat conditions of aquatic bioresources in the Lower Don water area (2015–2024). *Aquatic Bioresources & Environment*. 2024. Vol. 7, no. 4: 40–53. https://doi.org/10.47921/2619-1024_2024_7_4_40. (In Russian).

УСЛОВИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ НА АКВАТОРИИ НИЖНЕГО ДОНА (2015–2024 ГГ.)

Ю. В. Косенко*, И. В. Кораблина, Л. Г. Горгола,
Т. Е. Баскакова, Н. С. Елфимова

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»),
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону 344002, Россия

*E-mail: kosenkoyv@azniirkh.vniro.ru

Аннотация

Введение. Гидрохимический и токсикологический режим Нижнего Дона оказывает существенное влияние на условия среды обитания полупроходных видов рыб и экологическое состояние Азовского моря. **Актуальность.** В настоящее время акватория Нижнего Дона представляет собой трансформированную природную экосистему, состояние которой в последние годы значительно ухудшается. Экологические проблемы Нижнего Дона связаны и с глобальными естественными климатическими факторами, такими как изменение атмосферной циркуляции и существенное уменьшение поверхностного стока, наблюдаемое с 2007 г. по настоящее время. **Цель** работы — изучение гидрохимического режима и токсикологического состояния акватории Нижнего Дона в 2015–2024 гг. **Методы.** Представлены результаты исследований гидрохимического режима и загрязнения приоритетными токсикантами экосистемы нижнего течения р. Дон на участке от ст. Романовская до места впадения в Азовское море за период 2015–2024 гг. в весенний, летний и осенний сезоны года. Отбор проб осуществлялся согласно требованиям ГОСТ Р 59024-2020, ГОСТ 17.1.5.01-80 и ГОСТ 31339-2006. Определение гидрохимических и токсикологических показателей воды, донных отложений и гидробионтов проводилось в соответствии с требованиями руководящих документов, разработанных и утвержденных для мониторинговых природоохранных исследований на федеральном уровне. **Результаты.** Концентрации биогенных элементов и уровень общей минерализации воды являлись благоприятными для жизнедеятельности гидробионтов. Вода в нижнем течении р. Дон характеризуется высокой трофностью. Отмечено

локальное загрязнение акватории приоритетными токсикантами. **Выводы.** Наиболее загрязненные нефтепродуктами участки акватории — устье р. Темерник, акватория выпуска городской канализации г. Ростова-на-Дону и рук. Мокрая Каланча с превышением порогового уровня в донных осадках в 9–25 раз. Локальные повышенные концентрации ПХБ и нефтепродуктов в воде, а также бенз(а)пирена в донных отложениях дополнительно усугубляют условия среды обитания гидробионтов. Качество водных биоресурсов, выловленных в р. Дон, признано удовлетворительным по показателям загрязнения, и их употребление в пищу не представляет опасности для здоровья человека.

Ключевые слова: Нижний Дон, гидрохимический режим, приоритетные токсиканты, вода, донные отложения, водные биологические ресурсы, антропогенное влияние, природные факторы

HABITAT CONDITIONS OF AQUATIC BIORESOURCES IN THE LOWER DON WATER AREA (2015–2024)

Yu. V. Kosenko*, I. V. Korablina, L. G. Gorgola,
T. E. Baskakova, N. S. Elfimova

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI “VNIRO”),
Azov-Black Sea Branch of the FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”), Rostov-on-Don 344002, Russia*

**E-mail: kosenko@azniirkh.vniro.ru*

Abstract

Background. The hydrochemical and toxicological regime of the Lower Don has a major impact on the habitat conditions of semi-anadromous fish species and the ecological state of the Azov Sea.

Relevance. Currently, the Lower Don water area is a transformed natural ecosystem, the state of which has been significantly deteriorating in recent years. Environmental problems of the Lower Don are also associated with global natural climatic factors, such as changes in atmospheric circulation and a significant decrease in surface runoff observed from 2007 to the present. The *aim* of this work is to study the hydrochemical regime and toxicological state of the Lower Don water area in 2015–2024.

Methods. This article presents the results of studies of the hydrochemical regime and pollution with priority toxicants in the ecosystem of the lower reaches of the Don River, from stanitsa Romanovskaya to its mouth at the Azov Sea, in the spring, summer, and autumn seasons for the period 2015–2024. Samples have been collected in compliance with the requirements of State Standard R 59024-2020, State Standard 17.1.5.01-80, and State Standard 31339-2006. Identification of the hydrochemical and toxicological parameters of the water, bottom sediments and aquatic organisms has been conducted according to the provisions of the guidelines developed and adopted for the monitoring environmental surveys at the federal level. **Results.** Concentrations of biogenic elements and total mineralization of water were favorable for the vital activity of aquatic organisms. Water in the lower reaches of the Don River is characterized by a high trophic status. Local pollution of the investigated area with priority toxicants has been found. **Conclusion.** The water areas most polluted with petroleum products are the mouth of the Temernik River, the site of the Rostov-on-Don city sewage outlet, and the Mokraya Kаланча River Branch, where their threshold level in bottom sediments is exceeded by 9–25 times. Localized elevated concentrations of polychlorinated biphenyls and petroleum products in water, as well as benz(a)pyrene in bottom sediments, further worsen the environmental conditions for aquatic organisms. The quality of aquatic bioresources caught in the Don River has been found satisfactory in terms of pollution, and their consumption does not pose a danger to human health.

Keywords: Lower Don, hydrochemical regime, priority toxicants, water, bottom sediments, aquatic biological resources, anthropogenic influence, natural factors

ВВЕДЕНИЕ

Гидрохимический и токсикологический режим Нижнего Дона оказывает существенное влияние на условия среды обитания полупроходных видов рыб и экологическое состояние Азовского моря. Зарегулирование р. Дон в 1952 г. Цимлянским водохранилищем, наряду с безвозвратным изъятием речной воды водопользователями, преобразованием поверхности водосбора в результате агротехнических и лесомелиоративных мероприятий и дополнительными потерями на испарение с поверхности водохранилища, привело к общему снижению водности Дона и резкому изменению гидрохимических условий в нижнем течении реки [1].

В настоящее время река Дон, особенно акватория Нижнего Дона, представляет собой трансформированную природную экосистему, состояние которой в последние годы значительно ухудшается. Наибольшее влияние на нее оказывает хозяйственная деятельность человека. В то же время экологические проблемы Нижнего Дона связаны и с глобальными естественными климатическими факторами, такими как изменение атмосферной циркуляции и существенное уменьшение поверх-

ностного стока, наблюдаемое с 2007 г. по настоящее время [2].

В связи с вышесказанным, целью нашего исследования явилось изучение гидрохимического режима и токсикологического состояния акватории Нижнего Дона за период 2015–2024 гг.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа основана на обобщении материалов, собранных в ходе экспедиционных работ в нижнем течении р. Дон на участке от ст. Романовская до места впадения в Азовское море за период 2015–2024 гг. (табл. 1).

Пробы воды и донных отложений отбирались дважды или трижды в год (весной, летом, осенью). Отбор проб воды выполнен в соответствии с ГОСТ Р 59024-2020 с поверхностного горизонта, донных отложений — в соответствии с ГОСТ 17.1.5.01-80. Отбор проб водных биологических ресурсов (ВБР) на показатели загрязнения приоритетными токсикантами выполнен в соответствии с требованиями ГОСТ 31339-2006. Вылов рыбы проводился уполномоченным специалистом, имеющим соответствующее разрешение.

Таблица 1. Станции отбора проб воды и донных отложений в р. Дон

Table 1. Stations for collecting water and bottom sediment samples in the Don River

Станция отбора проб Sampling station	Координаты точек отбора Coordinates of sampling points	
	северная широта northern latitude	восточная долгота eastern longitude
Район ст. Романовская Near stanitsa Romanovskaya	47°32'16"	42°01'55"
Район г. Семикаракорск Near Semikarakorsk	47°31'20"	40°47'54"
Устье р. Сал Mouth of the Sal River	47°29'28"	40°45'51"
Устье р. Маныч Mouth of the Manych River	47°15'19"	40°14'54"
Устье пр. Аксай Mouth of the Aksay Anabranche	47°15'15"	39°52'17"
Устье р. Темерник Mouth of the Temernik River	47°18'02"	39°44'17"
Район г. Ростова-на-Дону, ниже Гниловского моста Near Rostov-on-Don, downstream from the Gnilovsky Bridge	47°11'03"	39°38'06"
Ниже сброса очистных сооружений г. Ростова-на-Дону Downstream from the discharge of the water treatment facilities in Rostov-on-Don	47°09'25"	39°32'52"
Рукав Мокрая Каланча Mokraya Kalancha River Branch	47°09'55"	39°20'03"

Пробы макрозообентоса отбирали в разные сезоны года (весна, лето, осень). В качестве орудия сбора использовали дночерпатель Петерсена с площадью захвата 0,025 или 0,036 м². Пробы отбирали в двух повторностях. Отбор проб выполнен в соответствии с ГОСТ Р 59024-2020.

Определение гидрохимических и токсикологических показателей воды, донных отложений и гидробионтов проводилось в соответствии с требованиями руководящих документов, принятых и утвержденных для мониторинговых природоохранных исследований на федеральном уровне [3].

Построение рисунков проводили с использованием программы Surfer 8.0. Результаты исследований подвергали статистической обработке с помощью программ Statistica 10.0 и Excel. Нормальность распределения рядов данных оценивали методом Шапиро–Уилка. Поскольку данные подчинялись закону нормального распределения, проверку коэффициента линейной корреляции на достоверность осуществляли по критерию Стьюдента. Результаты считались достоверными при $p < 0,05$. Направленность многолетних изменений была определена с помощью линейного тренда (показателя b — углового коэффициента).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В период до зарегулирования Цимлянским водохранилищем (первая половина XX века),

характеризующийся относительно слабой антропогенной активностью, качество воды р. Дон и ее гидрохимический режим определялись геохимическими и гидрометеорологическими условиями водосбора. Минерализация воды изменялась в достаточно широком диапазоне как в годовом цикле, так и по длине реки. Среднемноголетняя минерализация в нижнем течении р. Дон изменялась в диапазоне 240–890 мг/дм³. Минимальные в году значения минерализации воды наблюдались в период весеннего половодья, максимальные — в период зимней межени. В составе анионов преобладали гидрокарбонат-ионы. В период после зарегулирования минерализация воды увеличилась, ее сезонные колебания сгладились. В составе анионов резко возросла роль хлоридов и сульфатов [1]. За последние 10 лет наблюдений общая минерализация воды в нижнем течении Дона в период весеннего половодья варьировала в диапазоне 390–912 мг/дм³, в период летне-осенней межени — 320–2856 мг/дм³.

Многолетний (с 1951 г.) анализ динамики среднегодового значения общей минерализации воды в створе г. Ростова-на-Дону показывает достоверную ($p < 0,05$) тенденцию ее увеличения. При этом следует отметить, что в период половодья в 1994 г. (среднегодовой объем стока 35,8 км³) уровень общей минерализации воды снизился до 570 мг/дм³, в среднемноговодный 2018 г. (среднегодовой объем стока 24 км³) — до 616 мг/дм³ (рис. 1).

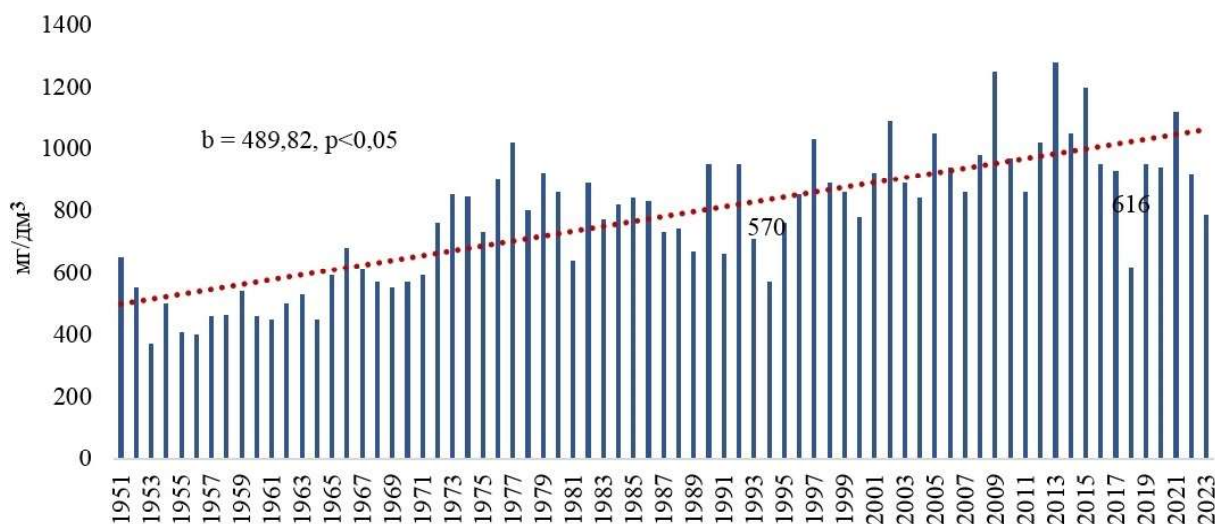


Рис. 1. Динамика среднегодового уровня общей минерализации воды (мг/дм³) на акватории р. Дон в створе г. Ростова-на-Дону

Fig. 1. Dynamics of the average annual level of total water mineralization (mg/dm³) in the Don River at the Rostov-on-Don section

Другим важным фактором, влияющим на солесодержание воды в низовье Дона, являются нагонные явления с Таганрогского залива. На примере 2016 г. показано увеличение общей минерализации воды до 950 мг/дм³ на значительном протяжении участка акватории — до х. Арпачин (рис. 2).

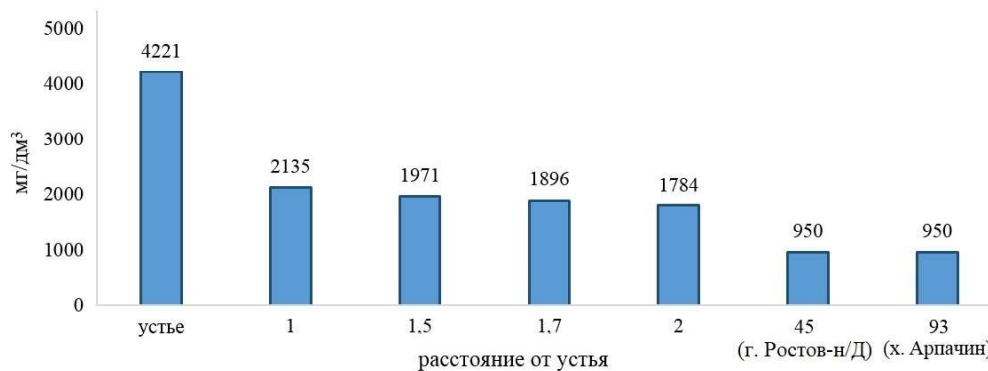


Рис. 2. Изменение общей минерализации воды (мг/дм³) на акватории Нижнего Дона при нагонных явлениях с Таганрогского залива, 2016 г.

Fig. 2. Change in total water mineralization (mg/dm³) in the Lower Don area during surge events from Taganrog Bay, 2016

повышением минерализации до солоноватых вод. Данный уровень концентрации солеобразующих ионов в воде не является лимитирующим фактором для нормальной жизнедеятельности пресноводных видов рыб (рис. 3).

На формирование кислородного режима Нижнего Дона оказывали влияние объем и интенсивность стока, качество вод с Цимлянского водохранилища, фотосинтез фитопланктона, температура воды, уровень антропогенного воздействия. В весенний период года среднемноголетний уровень растворенного кислорода характеризовался высокими значениями (8,9–15,8 мг/дм³) с максимумом у ст. Романовская, постепенно снижаясь к устью. В летний период года благоприятный кислородный режим (8,8–9,2 мг/дм³) обеспечивался за счет фотосинтеза фитопланктона. В период осенней межени содержание в воде растворенного кислорода снижалось (6,3–9,8 мг/дм³) при замедлении скорости течения в русле (рис. 4).

Влияние температурного режима проявилось в аномальном 2024 г. (температура воды в июне 26–27 °С) снижением содержания кислорода ниже ПДК_{р/х} (5,9 мг/дм³) в рукавах дельты.

В период 2015–2024 гг. преобладающей формой минерального азота являлся азот нитратный,

Минерализация воды на акватории Нижнего Дона нарастает от ст. Романовской к устью. Прослеживается также влияние осолоненных притоков — рек Сал и Маныч — на уровень общего солесодержания в воде. Таким образом, показатель общей минерализации воды Нижнего Дона соответствует умеренно пресным водам с локальным

превышающий аммонийную форму в 3 раза, что характерно для речных вод. Превышения ПДК_{р/х} минеральных форм азота в воде Нижнего Дона не зафиксировано. Пространственное распределение в воде минерального азота в основном определялось стоком р. Северский Донец (район г. Семикаракорск), а также уровнем антропогенного прессинга на акваторию (акватория от устья р. Темерник до рукавов дельты) (рис. 5).

Соотношение основных биогенных элементов (общего азота и фосфора) в водоеме является определяющим фактором его трофности. Для олиготрофных и мезотрофных водных объектов характерно отношение общего азота к общему фосфору 30–40:1, для эвтрофных оно снижается до 20–25:1, для гипертрофных — до 10–15:1, что подчеркивает определяющую роль фосфора в эвтрофировании [4]. По данной классификации, акватория Нижнего Дона относится к категории гипертрофных водных объектов (соотношение составляет 4–12:1). Отмечено нарастание трофности вниз по течению р. Дон и ее снижение в приплотинном участке Цимлянского водохранилища и под влиянием стока р. Северский Донец (рис. 6). Высокая трофность воды отражает неблагоприятное экологическое состояние водоема,

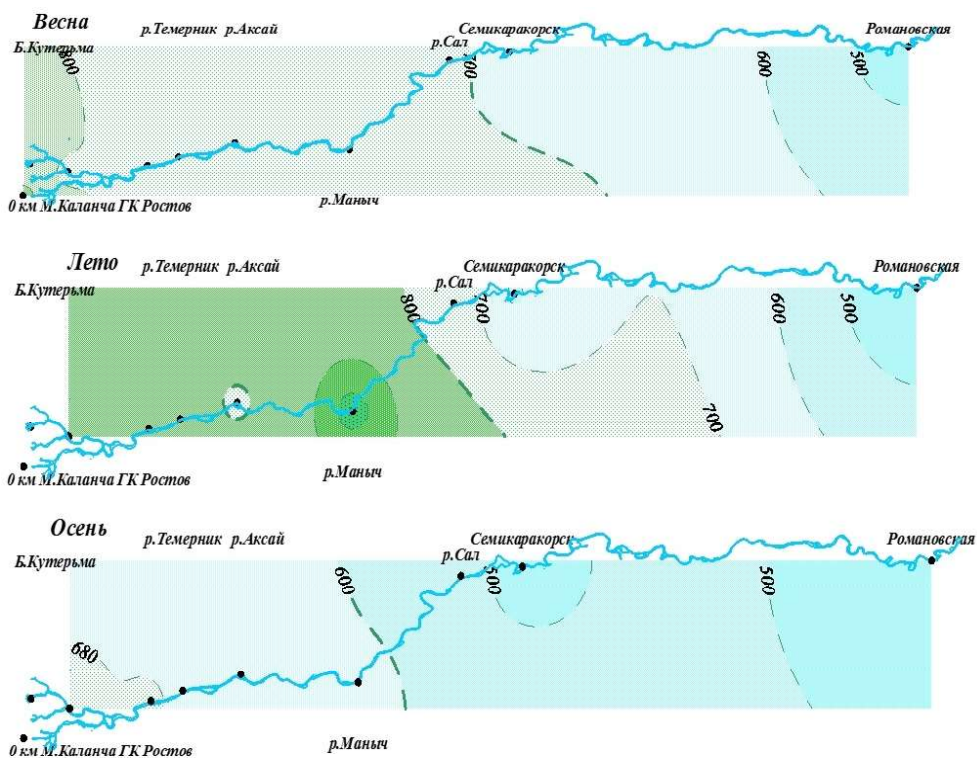


Рис. 3. Пространственное среднегодовое распределение общей минерализации воды (мг/дм³) на акватории Нижнего Дона в 2015–2024 гг.

Fig. 3. Spatial average annual distribution of total water mineralization (mg/dm³) in the Lower Don area in 2015–2024

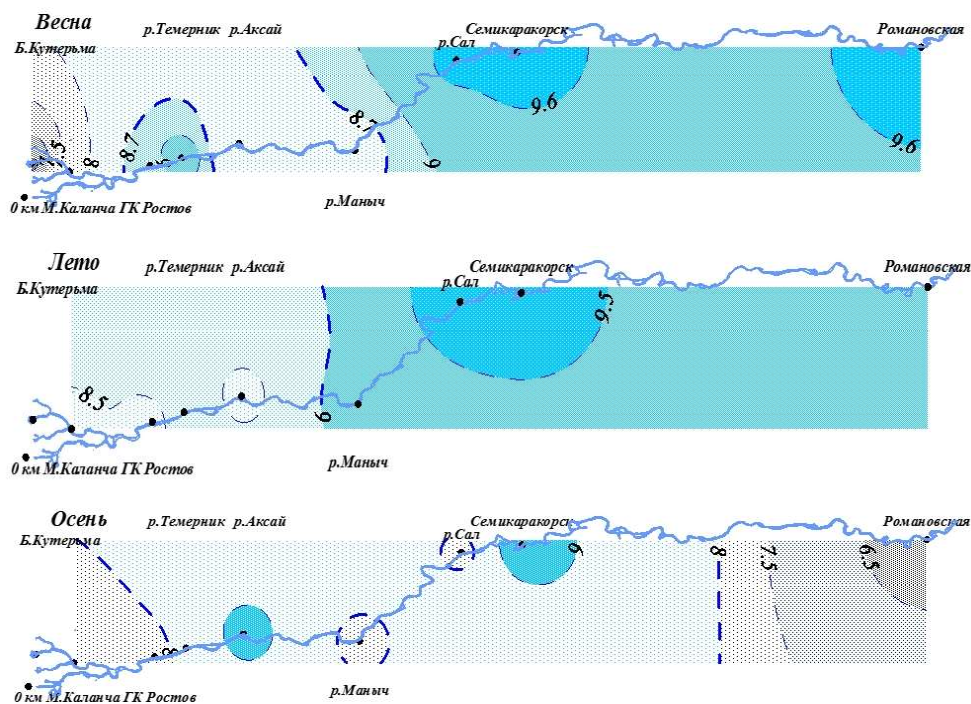


Рис. 4. Пространственное среднегодовое распределение растворенного в воде кислорода (мг/дм³) на акватории Нижнего Дона в 2015–2024 гг.

Fig. 4. Spatial average annual distribution of dissolved oxygen in water (mg/dm³) in the Lower Don area in 2015–2024

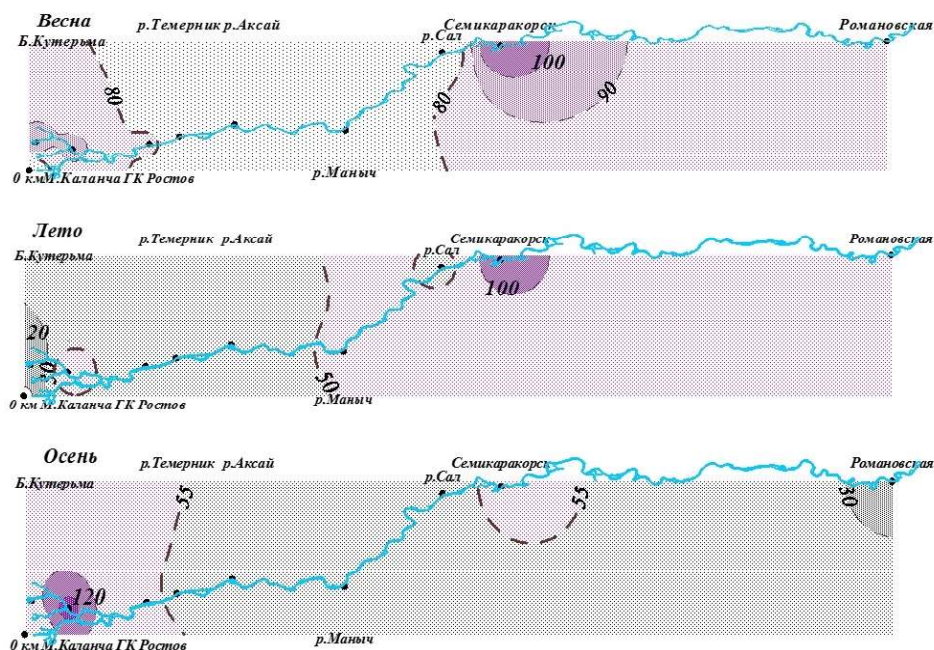


Рис. 5. Пространственное среднегодовое распределение в воде минерального азота (мкг/дм³) на акватории Нижнего Дона в 2015–2024 гг.

Fig. 5. Spatial average annual distribution of mineral nitrogen in water (µg/dm³) in the Lower Don area in 2015–2024

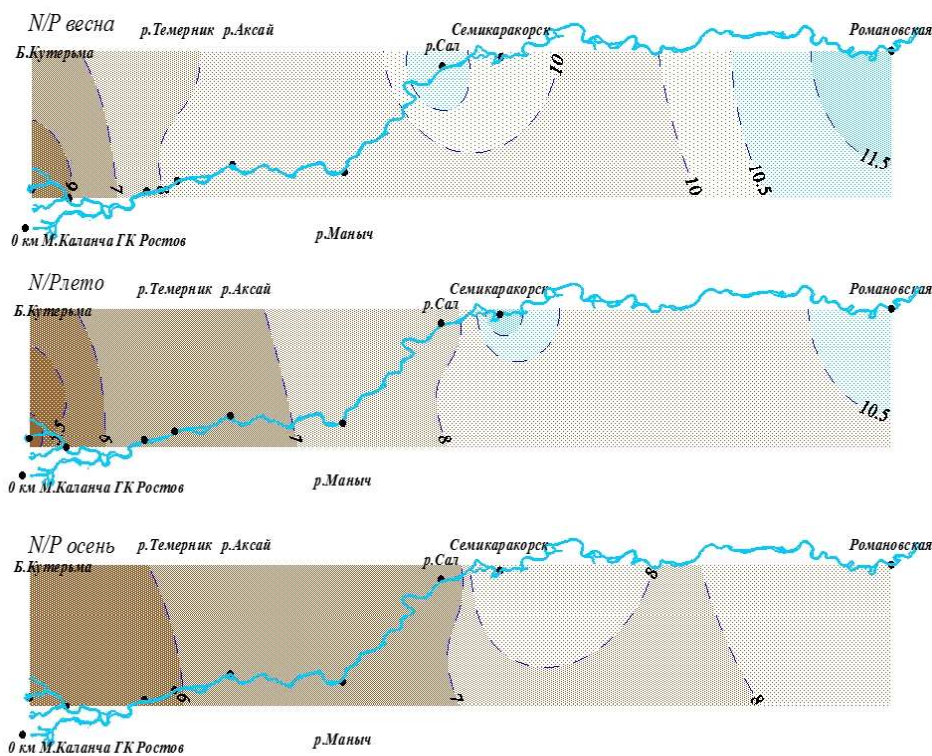


Рис. 6. Пространственное среднегодовое распределение соотношения общего азота к общему фосфору (у. е.) на акватории Нижнего Дона в 2015–2024 гг.

Fig. 6. Spatial average annual distribution of the ratio of total nitrogen to total phosphorus (conventional units) in the Lower Don area in 2015–2024

вызванное повышенным антропогенным влиянием на акваторию и сниженной способностью вод к самоочищению в условиях дефицита речного стока [5], наблюдаемого с 2007 г. по настоящее время [2].

Перечень наиболее опасных и распространенных токсикантов, попадающих в экосистему р. Дон, включает нефтепродукты, бенз(а)пирен, тяжелые металлы, хлорорганические пестициды (ХОП), полихлорбифенилы (ПХБ).

В среднем в течение 10 последних лет нефтяное загрязнение воды и донных отложений Нижнего Дона сохраняется на повышенном уровне. Случаи превышения ПДК_{р/х} нефтепродуктов в воде фиксировались практически ежегодно во все сезоны наблюдений до 6,8 раз. В воде содержание нефтепродуктов увеличивалось до 0,24–0,34 мг/л (табл. 2). Согласно литературным данным, концентрации нефтепродуктов даже в более низком диапазоне значений 0,01–0,1 мг/л приводят к гибели икры и различным уродствам рыб [6].

Поскольку содержание нефтепродуктов в донных отложениях российскими нормативными документами не регламентируется, для его количественной оценки использовалась ориентировочная величина 1 г/кг, по достижении которой происходит деградация донных биоценозов [7]. Как видно из табл. 2, максимальное содержание

нефтепродуктов в донных отложениях Нижнего Дона в рассматриваемый период составило от 0,76 г/кг (2022 г.) до крайне высокой величины 24,99 г/кг (2023 г.).

Наиболее загрязненные нефтепродуктами участки — устье р. Темерник, акватория выпуска городской канализации г. Ростова-на-Дону и рук. Мокрая Каланча с превышением порогового уровня в донных отложениях от 9 до 25 раз (рис. 7).

У бентосных организмов заметные функциональные и органические изменения наблюдаются уже при концентрациях нефти в донных отложениях на уровне 1 г/кг, а при более высоком содержании могут отмечаться летальные последствия. При хроническом загрязнении донных отложений нефтяными углеводородами сокращение видов зообентоса наблюдается при концентрациях 0,25–0,6 мг/г, что приводит к заметному снижению кормовой базы придонных рыб в течение 7–8 лет после загрязнения [7]. Следует обратить внимание на то, что на акватории Нижнего Дона в течение 7 последних лет (кроме 2022 г.) среднегодовое содержание нефтепродуктов в донных осадках практически не снижалось и превышало ориентировочную предельную величину в среднем почти вдвое.

В связи с вышесказанным, мы проанализировали взаимосвязь концентрации нефтепродуктов

Таблица 2. Среднегодовые концентрации нефтепродуктов в воде и донных отложениях Нижнего Дона, 2015–2024 гг.

Table 2. Average annual concentrations of petroleum products in water and bottom sediments of the Lower Don, 2015–2024

Год Year	Вода, мг/л Water, mg/L		Донные отложения, г/кг сухой массы Bottom sediments, g/kg dry weight	
	среднее average	диапазон range	среднее average	диапазон range
2015	0,03	<0,02–0,34	0,92	<0,015–10,14
2016	0,05	0,02–0,10	0,98	0,02–4,60
2017	0,06	0,03–0,15	1,10	<0,015–3,50
2018	0,08	<0,02–0,14	1,21	<0,015–5,85
2019	0,05	<0,02–0,11	1,58	<0,015–15,70
2020	0,04	<0,02–0,12	1,54	<0,015–14,90
2021	0,07	0,02–0,14	3,44	0,23–11,24
2022	0,04	<0,02–0,24	0,17	<0,015–0,76
2023	0,06	<0,02–0,15	2,00	<0,015–24,99
2024 (весна) (spring)	0,03	<0,02–0,05	1,92	0,05–6,15
ПДК _{р/х} МРС _{fishery}	0,05		–	

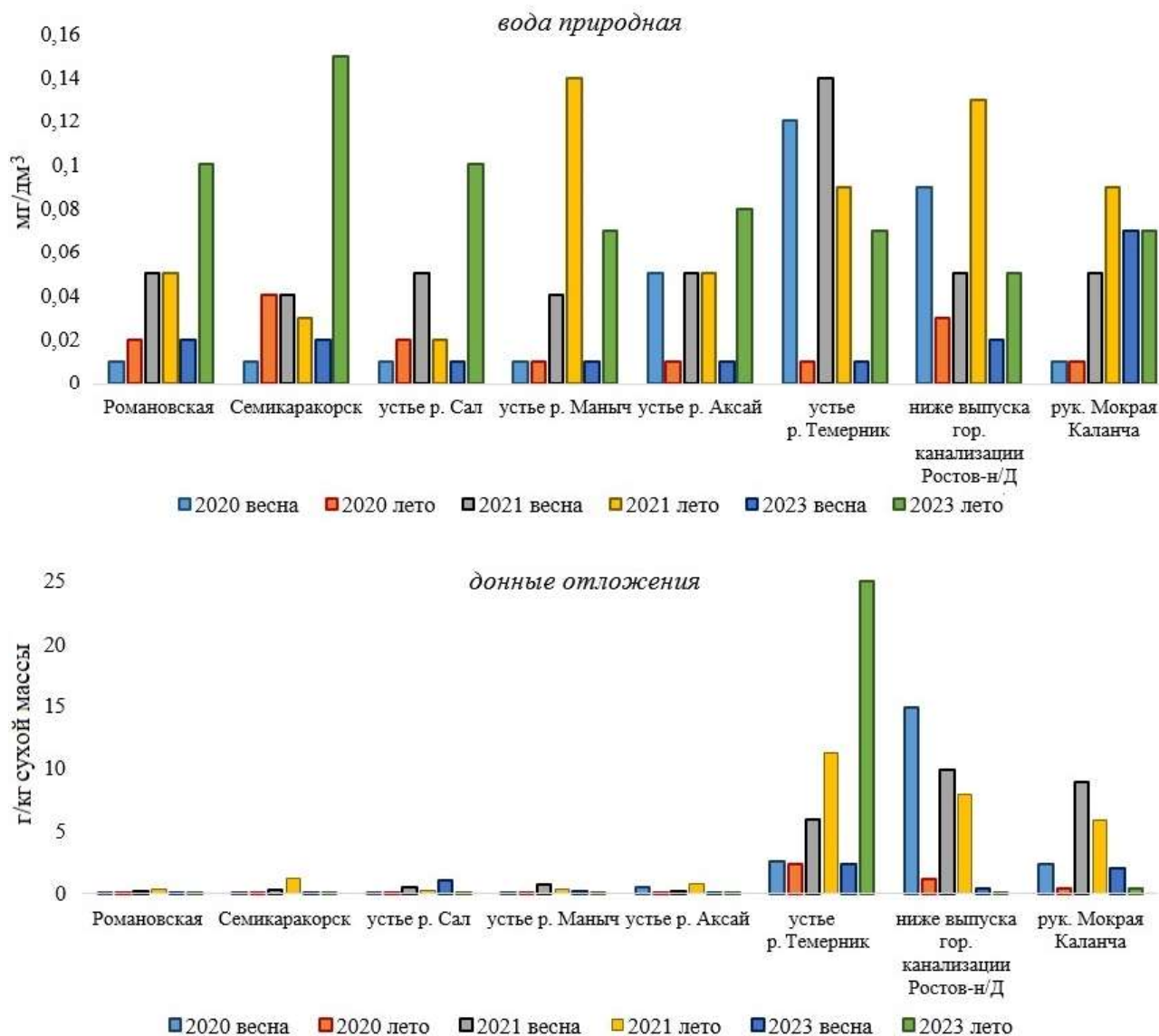


Рис. 7. Концентрации нефтепродуктов в воде ($\text{мг}/\text{дм}^3$) и донных отложениях ($\text{г}/\text{кг}$ сухой массы) на акватории Нижнего Дона

Fig. 7. Concentrations of petroleum products in water (mg/dm^3) and bottom sediments (g/kg dry weight) in the Lower Don area

в донных отложениях и качественных показателей зообентоса на наиболее загрязненной акватории (от места впадения р. Темерник до устья р. Дон). Данная корреляционная связь была отрицательной и достоверно значимой ($p < 0,05$, критерий Стьюдента). При максимально высоких концентрациях нефтепродуктов в донных отложениях (2019, 2020, 2023 гг.) количество таксонов зообентоса было наименьшим и составляло от 3 от 7 ед. При этом в 2022 г. при относительно низком содержании нефтепродуктов в донных осадках (не выше $0,76 \text{ г}/\text{кг}$ сухой массы) количество таксонов зоо-

бентоса находилось на среднем уровне — 10 ед. Данный факт связан с длительным токсическим действием нефтепродуктов на гидробионты (рис. 8).

Следует также отметить, что нефтяное загрязнение влияет на всех представителей водных сообществ — начиная от растений, бактерий и простейших и заканчивая млекопитающими. Это ведет к нарушению трофических связей в экосистеме и отражается на обилии и состоянии популяций рыб [7].

Помимо суммарного содержания нефтепродуктов в воде и донных отложениях Нижнего Дона

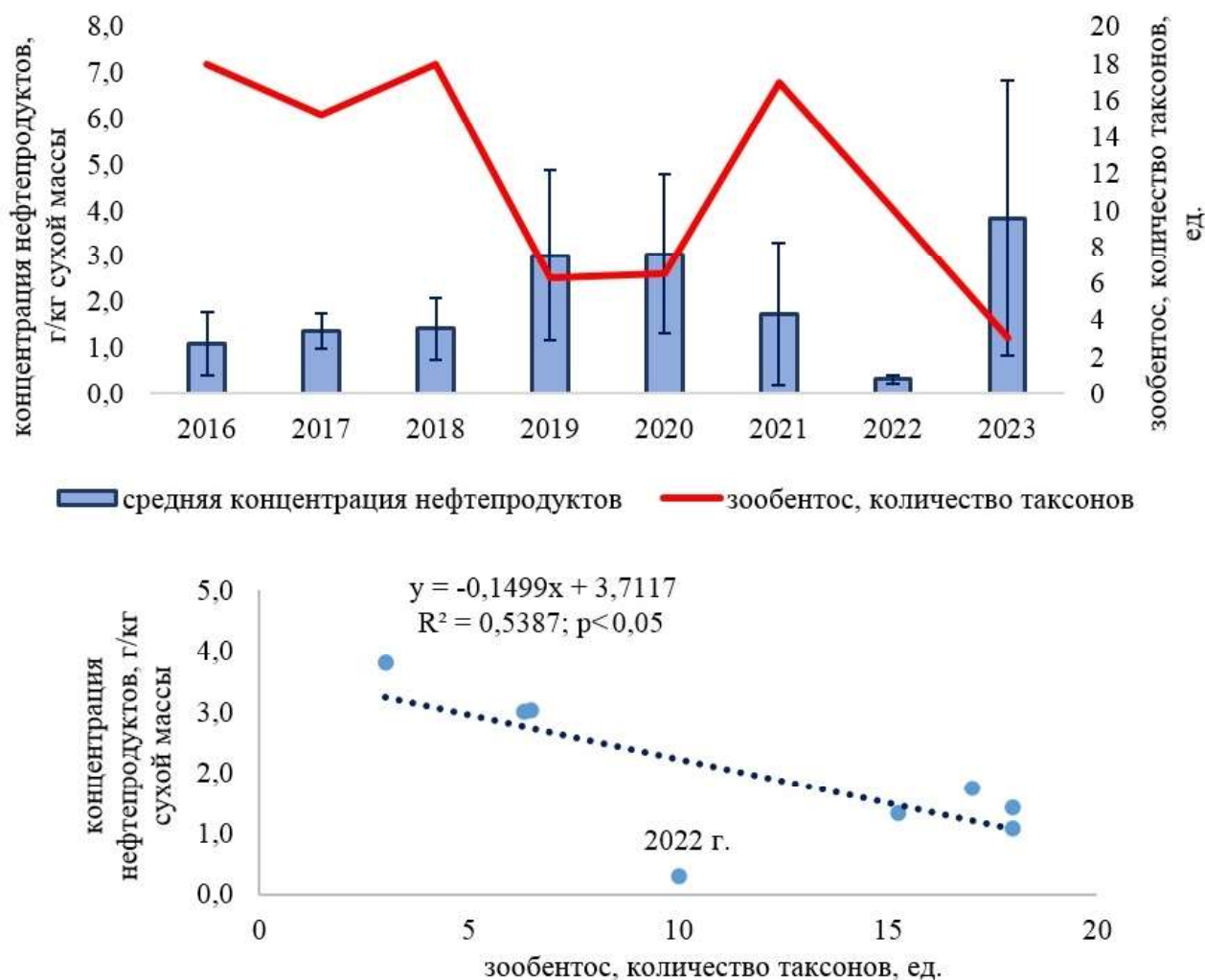


Рис. 8. Взаимосвязь среднегодовой концентрации нефтепродуктов в донных отложениях и качественных показателей зообентоса на акватории от места впадения р. Темерник до устья р. Дон за период 2016–2023 гг.

Fig. 8. Relationship between the average annual concentration of petroleum products in bottom sediments and qualitative indicators of zoobenthos in the water area from the mouth of the Temernik River to the mouth of the Don River for the period 2016–2023 (blue bars represent the average concentration of petroleum products; red line represents the number of zoobenthos taxa)

оценивалось содержание бенз(а)пирена, обладающего сильнейшей канцерогенной активностью. В воде за исследуемый период концентрации бенз(а)пирена были низкими ($<0,02$ – $0,39$ нг/л), без превышения ПДК_{р/х}. В донных отложениях содержание бенз(а)пирена варьировало от 0,15 до 23,5 мкг/кг и в максимуме весной 2020 г. превысило ПДК для почв (20 мкг/кг) в 1,2 раза на акватории ниже выпуска городской канализации г. Ростова-на-Дону.

В период с 2015 по 2024 г. АСПАВ встречались в воде Нижнего Дона крайне редко, в низких концентрациях, главным образом в весенний период.

Из перечня стойких ХОП в воде и донных отложениях в течение всего периода наблюдений обнаруживались метаболиты препарата ДДТ 4,4'-ДДЕ и 4,4'-ДДД в остаточных количествах. Среднегодовой уровень загрязнения воды исследуемого участка р. Дон ХОП за последние 10 лет наблюдений существенно снизился. В донных отложениях с 2020 г. ХОП не зафиксированы (табл. 3).

В 2015–2020 гг. ПХБ обнаруживались в воде Нижнего Дона во все сезоны наблюдений практически на всех станциях и превышали ПДК_{р/х} до 4 раз. Наиболее показательным был 2020 г. с суммами ПХБ от 2,1 до 39,2 нг/дм³ и максимумом в устье

р. Темерник. В составе ПХБ чаще других идентифицировали конгенеры пента- и гексахлорбифенилов (включая высокотоксичные диоксиноподобные ПХБ-105 и ПХБ-118). В 2021–2024 гг. повышенные концентрации ПХБ в воде Нижнего Дона встречались в единичных случаях. В донных

Таблица 3. Среднегодовые концентрации ХОП в воде и донных отложениях Нижнего Дона, 2015–2024 гг.

Table 3. Average annual concentrations of organochlorine pesticides in water and bottom sediments of the Lower Don, 2015–2024

Год Year	Вода, мкг/дм ³ Water, µg/dm ³	Донные отложения, мкг/кг сухой массы Bottom sediments, µg/kg dry weight
2015	4,3	0,7
2016	6,8	0,5
2017	3,7	0,6
2018	<0,5	0,3
2019	0,5	0,2
2020	0,6	<0,2
2021	<0,5	<0,2
2022	0,6	<0,2
2023	<0,5	<0,2
2024 (весна) (spring)	<0,5	<0,2
ПДК _{p/x} МРС _{fishery}	10	–

отложениях ПХБ обнаруживались крайне редко на низком уровне (1,0 мкг/кг сухой массы).

В период 2015–2024 гг. в воде Нижнего Дона отмечалось увеличение среднегодового содержания железа (более чем в два раза) и марганца (более чем в три раза). Хотя железо и марганец относят к биогенным элементам, их повышенные концентрации в воде могут косвенно указывать на повышенную трофность водоема. Концентрации цинка, хрома, кадмия и свинца сохранялись примерно на одном уровне в течение всего периода наблюдений и не превышали ПДК_{p/x}. В целом, локальное превышение ПДК_{p/x} железа, марганца и меди в воде не являлось критичным для жизнедеятельности ВБР (табл. 4).

В донных осадках Нижнего Дона в течение последних 10 лет среднее содержание контролируемых тяжелых металлов остается близким к сезонным и межгодовым флуктуациям. Некоторая тенденция к снижению концентраций отмечается для хрома, меди, свинца и никеля (табл. 5).

В период 2015–2024 гг. в акватории Нижнего Дона были отловлены и обследованы на токсикологические параметры следующие виды ВБР: густера, карась, лещ, окунь, сазан, сом, судак, черноморско-азовская проходная сельдь. Несмотря на повышенный уровень загрязнения воды и донных отложений приоритетными токсикантами, уровни накопления нормируемых в ВБР стойких ХОП, ПХБ, тяжелых металлов и радионуклидов

Таблица 4. Среднегодовые концентрации тяжелых металлов в воде Нижнего Дона, 2015–2024 гг., мкг/дм³

Table 4. Average annual concentrations of heavy metals in the water of the Lower Don, 2015–2024, µg/dm³

Элемент Element	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024 (весна) (spring)	ПДК _{p/x} МРС _{fishery}
Железо Iron	37	26	27	44	25	82	105	33	59	106	100
Марганец Manganese	9,4	4,1	6,9	9,8	6,2	26	45	6,4	9,8	40	10
Цинк Zinc	4,4	5,3	2,9	2,1	3,3	7,9	3,7	3,5	2,9	3,1	10
Хром Chromium	<1,0	1,6	<1,0	<1,0	2,5	1,4	<1,0	<1,0	1,2	<1,0	20
Медь Copper	1,2	1,2	<1,0	1,2	1,3	1,9	1,1	1,2	1,6	<1,0	1
Свинец Lead	0,43	5,9	<0,40	<0,40	<0,40	0,53	0,75	0,59	<0,40	0,45	6
Кадмий Cadmium	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	5

Таблица 5. Среднегодовые концентрации тяжелых металлов в донных отложениях Нижнего Дона, 2015–2024 гг., мг/кг сухой массы**Table 5.** Average annual concentrations of heavy metals in bottom sediments of the Lower Don, 2015–2024, mg/kg dry weight

Элемент Element	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Средне- многолетнее Average long-term
Железо Iron	20296	19799	18870	15772	16176	9753	18206	9166	16639	9435	21900
Марганец Manganese	550	493	571	242	517	365	386	240	509	425	459
Цинк Zinc	82	71	71	62	63	48	70	30	55	80	62
Хром Chromium	147	183	173	195	88	63	54	54	78	71	74
Медь Copper	35	28	38	30	31	11	27	9,2	15	20	27
Свинец Lead	25	18	43	16	16	10	31	3,0	10	2,0	12
Кадмий Cadmium	0,20	0,14	0,07	0,08	0,11	0,09	0,10	0,09	0,11	0,20	0,17
Мышьяк Arsenic	6,9	5,7	6,1	5,3	6,4	7,9	10	3,8	5,2	3,9	5,2
Никель Nickel	43	42	35	34	20	17	24	13	22	9,9	47

не превышали нормативные требования согласно ТР ТС 021/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (с изменениями на 8 августа 2019 г.) [8, 9]. Содержание нефтяных углеводородов в мышцах данных видов рыб варьировало от условно низкого до умеренного. Допустимый уровень содержания нефтяных углеводородов в органах и тканях рыб не установлен действующими в настоящее время нормативами. Таким образом, все обследованные виды ВБР, выловленные на акватории Нижнего Дона, пригодны в пищу.

ВЫВОДЫ

1. В 2018–2024 гг. (кроме 2022 г.) среднегодовое содержание нефтепродуктов в донных осадках превышало ориентировочную предельную величину в среднем в 2 раза, что негативно влияет на экосистему Нижнего Дона. Наиболее загрязненные нефтепродуктами участки акватории — устье р. Темерник, акватория выпуска городской канализации г. Ростова-на-Дону и рук. Мокрая Каланча с локальным превышением порогового уровня в донных отложениях от 9 до 25 раз.

2. Высокие концентрации нефтепродуктов в донных осадках нижнего течения р. Дон оказывают отрицательное влияние на качественные показатели зообентоса.
3. Локальные повышенные концентрации ПХБ и нефтепродуктов в воде, а также бенз(а)пирена в донных отложениях дополнительно усугубляют условия среды обитания ВБР.
4. Гидрохимический режим акватории Нижнего Дона по содержанию в воде биогенных элементов характеризуется как относительно благоприятный для жизнедеятельности ВБР. При повышенных температурах воды в летний период года отмечается сниженное содержание растворенного в воде кислорода (на уровне ПДК_{р,х}). Исследуемая акватория отличается высокой трофностью и повышением минерализации воды по направлению к устью.
5. Качество водных биоресурсов, выловленных в р. Дон, признано удовлетворительным по показателям загрязнения, и их употребление в пищу не представляет опасности для здоровья человека.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность заведующему лабораторией гидробиологии Хренкину Д.В. за предоставленный материал по зообентосу.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors express gratitude to the Head of the Laboratory for Hydrobiology D.V. Khrenkin for the provided data on zoobenthos.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никаноров А.М. Региональная гидрохимия. Ростов-н/Д.: НОК, 2011. 389 с.
2. Косенко Ю.В., Баскакова Т.Е., Жукова С.В., Барабашин Т.О., Пятинский М.М. Влияние солености воды на развитие придонной гипоксии и уровень первичного продуцирования органического вещества в Таганрогском заливе. *Водные биоресурсы и среда обитания*. 2023. Т. 6, № 1: 34–47. https://doi.org/10.47921/2619-1024_2023_6_1_34.
3. Барабашин Т.О., Кораблина И.В., Павленко Л.Ф., Скрыпник Г.В., Короткова Л.И. Методическое обеспечение мониторинга загрязнения водных объектов Азово-Черноморского бассейна. *Водные биоресурсы и среда обитания*. 2018. Т. 1, № 3–4: 9–27. https://doi.org/10.47921/2619-1024_2018_1_3-4_9.
4. Даценко Ю.С. Некоторые особенности эвтрофирования водохранилищ. *Антропогенные изменения экосистем малых озер (причины, последствия, возможности управления) : матер. Всесоюз. совещания (г. Ленинград, 27–29 марта 1990 г.)*. СПб: Гидрометеиздат, 1991. Т. 1: 164–166.
5. Решетняк О.С., Решетняк Н.В., Решетняк В.Н. Состояние экосистемы Нижнего Дона в современных условиях антропогенного воздействия. *Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг*. 2019. № 4: 234–240. <https://doi.org/10.23885/2500-123X-2019-2-4-234-240>.
6. Борисов В.М., Пономаренко В.П., Семенов В.Н., Осетрова Н.В., Сочнев О.Я. Влияние разработки морских месторождений нефти и газа на биоресурсы Баренцева моря. *Методические рекомендации по оценке ущерба рыбному хозяйству*. М.: Экономика и информатика, 2001. 272 с.
7. Гераскин П.П., Катунин Д.Н. Рыба и нефть Каспийского моря. *Рыбное хозяйство*. 1996. № 4: 46–47.
8. Горгола Л.Г., Барабашин Т.О., Кораблина И.В., Геворкян Ж.В., Петренко А.А., Слепухина Е.А. Оценка накопления тяжелых металлов (Hg, Cd, Pb) в органах и тканях рыб нижнего течения р. Дон в летний период 2023 года. *Актуальные вопросы водных и прибрежных экосистем : матер. Всерос.*

конф., посвященной 90-летию со дня рождения д.б.н., проф. О.Г. Миронова (г. Севастополь, 2–5 октября 2023 г.). Севастополь: Изд-во Федерального исследовательского центра «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН», 2023: 88–90.

9. Павленко Л.Ф., Кораблина И.В., Барабашин Т.О., Экилик В.С. Приоритетные токсиканты в элементах экосистемы Нижнего Дона. *Водные ресурсы*. 2022. Т. 49, № 3: 298–304. <https://doi.org/10.31857/S0321059622030117>.

REFERENCES

1. Nikanorov A.M. Regional'naya gidrokhiimiya [Regional hydrochemistry]. Rostov-on-Don: Nauka-Obrazovanie-Kul'tura [Science-Education-Culture], 2011. 389 p. (In Russian).
2. Kosenko Yu.V., Baskakova T.E., Zhukova S.V., Barabashin T.O., Pyatinskiy M.M. Vliyanie solenosti vody na razvitie pridonnoy gipoksii i uroven' pervichnogo productsirovaniya organicheskogo veshchestva v Taganrogskom zalive [The influence of water salinity on generation of near-bottom hypoxic phenomena and the level of primary production of organic matter in Taganrog Bay]. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya [Aquatic Bioresources & Environment]*. 2023. Vol. 6, no. 1: 34–47. https://doi.org/10.47921/2619-1024_2023_6_1_34. (In Russian).
3. Barabashin T.O., Korablina I.V., Pavlenko L.F., Skrypnik G.V., Korotkova L.I. Metodicheskoe obespechenie monitoringa zagryazneniya vodnykh ob'ektov Azovo-Chernomorskogo basseyna [Methodological support of pollution monitoring of the Azov and Black Sea water bodies]. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya [Aquatic Bioresources & Environment]*. 2018. Vol. 1, no. 3–4: 9–27. https://doi.org/10.47921/2619-1024_2018_1_3-4_9. (In Russian).
4. Datsenko Yu.S. Nekotorye osobennosti evtrofirovaniya vodokhranilishch [Some specific features of eutrophication in reservoirs]. In: *Antropogennyye izmeneniya ekosistem malykh ozer (prichiny, posledstviya, vozmozhnosti upravleniya) : materialy Vsesoyuznogo soveshchaniya (g. Leningrad, 27–29 marta 1990 g.) [Anthropogenic changes in ecosystems of small lakes (reasons, consequences, manageability). Proceedings of the All-Union Meeting (Leningrad, 27–29 March, 1990)]*. Saint Petersburg: Gidrometeoizdat [Hydrometeorological Publishing House], 1991. Vol. 1: 164–166. (In Russian).
5. Reshetnyak O.S., Reshetnyak N.V., Reshetnyak V.N. Sostoyanie ekosistemy Nizhnego Dona v sovremennykh usloviyakh antropogennogo vozdeystviya [Status of the Lower Don ecosystem in modern conditions of anthropogenic impact]. *Ekologiya. Ekonomika. Informatika. Seriya: Geoinformatsionnye tekhnologii i kosmicheskiiy monitoring [Ecology. Economy.*

- Informatics. Series: Geoinformation Technologies and Space Monitoring*. 2019. No. 4: 234–240. <https://doi.org/10.23885/2500-123X-2019-2-4-234-240>. (In Russian).
6. Borisov V.M., Ponomarenko V.P., Semenov V.N., Osetrova N.V., Sochnev O.Ya. Vliyanie razrabotki morskikh mestorozhdeniy nefti i gaza na bioresursy Barentseva morya [Influence of development of the oil- and gas marine deposits on bioresources of the Barents Sea]. In: *Metodicheskie rekomendatsii po otsenke ushcherba rybnomu khozyaystvu [Methodological recommendations for assessing damage to fisheries]*. Moscow: Ekonomika i informatika [Economics and Information Science], 2001. 272 p. (In Russian).
 7. Geraskin P.P., Katunin D.N. Ryba i neft' Kaspiyskogo morya [Fish and oil of the Caspian Sea]. *Rybnoe khozyaystvo [Fisheries]*. 1996. No. 4: 46–47. (In Russian).
 8. Gorgola L.G., Barabashin T.O., Korablina I.V., Gevorkyan Zh.V., Petrenko A.A., Slepukhina E.A. Otsenka nakopleniya tyazhelykh metallov (Hg, Cd, Pb) v organakh i tkanyakh ryb nizhnego techeniya r. Don v letniy period 2023 goda [Assessment of the content of heavy metals (Hg, Cd, Pb) in the organs and tissues of fish from the Lower Don in the summer of 2023]. In: *Aktual'nye voprosy vodnykh i pribrezhnykh ekosistem : materialy Vserossiyskoy konferentsii, posvyashchennoy 90-letiyu so dnya rozhdeniya d.b.n., prof. O.G. Mironova (g. Sevastopol', 2–5 oktyabrya 2023 g.) [Pressing issues of aquatic and near-water ecosystems. Proceedings of the All-Russian Conference dedicated to the 90th anniversary of the Dr. Sci. (Biology), Prof. O.G. Mironov (Sevastopol, 2–5 October, 2023)]*. Sevastopol: Federal'nyy issledovatel'skiy tsentr "Institut biologii yuzhnykh morey im. A.O. Kovalevskogo RAN" [Federal Research Center "A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of the Russian Academy of Sciences"] Publ., 2023: 88–90. (In Russian).
 9. Pavlenko L.F., Korablina I.V., Barabashin T.O., Ekilik V.S. Priority toxicants in elements of Lower Don ecosystem. *Water Resources*. 2022. Vol. 49, no. 3: 440–447. <https://doi.org/10.1134/S0097807822030113..>

Об авторах:

Косенко Юлия Владимировна, кандидат биологических наук, начальник аналитического испытательного центра Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») (344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в), kosenkoymv@azniirkh.vniro.ru

Кораблина Ирина Владимировна, заведующая лабораторией аналитического контроля водных экосистем Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») (344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в), ORCID 0000-0002-3995-9425, korablinaiv@azniirkh.vniro.ru

Горгола Лилия Геннадьевна, ведущий специалист лаборатории аналитического контроля водных экосистем Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») (344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в), gorgolalg@azniirkh.vniro.ru

Баскакова Татьяна Евгеньевна, главный специалист лаборатории гидрохимии Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») (344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в), baskakovate@azniirkh.vniro.ru

Елфимова Надежда Сергеевна, заведующая сектором зообентоса Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») (344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в), ORCID 0000-0002-7715-4329, elfimovans@azniirkh.vniro.ru

Поступила в редакцию 22.10.2024

Поступила после рецензии 11.11.2024

Принята к публикации 12.11.2024

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант.

Received 22.10.2024

Revised 11.11.2024

Accepted 12.11.2024

Conflict of interest statement

The authors do not have any conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.