

## ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

## WATER BIORESOURCES AND THEIR RATIONAL USE

Научная статья

УДК 574.52

<https://doi.org/10.24143/2073-5529-2025-2-7-20>

EDN NEBPRZ

### Гидробиологические и гидрохимические характеристики водохранилищ Волго-Донского канала: динамика и структурно-функциональные особенности

**Ю. В. Басько, А. М. Попова, Т. Б. Голоколенова, Е. В. Випхло,  
П. А. Кривцова, Л. В. Ельцова, Н. В. Кучишкина, Н. В. Куценко<sup>✉</sup>, В. П. Горелов**

Средневолжский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
рыбного хозяйства и океанографии»,  
Волгоград, Россия, n.kutsenko@volgograd.vniro.ru<sup>✉</sup>

**Аннотация.** Представлены результаты комплексных исследований водораздельных водохранилищ Волго-Донского судоходного канала (ВДСК), выполненных в 2024 г. Показаны гидрохимические особенности этих искусственных водоемов. Приведены сведения по основным компонентам кормовой базы водохранилищ: фито- и зоопланктону, макрозообентосу. Уровень воды в 2024 г. превышал среднемноголетние значения при антициклональном типе погоды. Прозрачность воды варьировала от 0,5 м (мелководные участки летом) до 3,5 м (центральные акватории весной). Температурный режим характеризовался сезонной динамикой: весной 9,4–16,6 °C, летом до 33,5 °C, осенью 8,9–14,7 °C. Электропроводность изменялась от 630 мкСм/см (Карповское вдхр. осенью) до 1 190 мкСм/см (Варваровское вдхр. летом), отражая пространственно-временную изменчивость минерализации вод. Минеральный состав воды водораздельных водохранилищ ВДСК близок к составу воды Верхнего плеса Цимлянского водохранилища, их питающего, и относится к гидрокарбонатно-кальциевому типу. Минеральный фосфор находится в количествах, обычных для мезотрофных водохранилищ. Средняя концентрация хлорофилла *a* за вегетационный период составила 10,5 мкг/л (максимум летом – 34,5 мкг/л в Береславском вдхр.), с преобладанием вод β-мезотрофного типа. Фитопланктон представлен 196 видами. Средневегетационные значения численности и биомассы составили 15 831 тыс. кл./л и 4,6 мг/л соответственно. Зоопланктон характеризовался невысокими количественными показателями (135,7 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 0,21 г/м<sup>3</sup>), с максимумом летом (0,67 тыс. экз./м<sup>3</sup>). Основу численности формировали коловратки, основу биомассы – ракообразные. Бентоценозы водохранилищ сходны по структуре, но отличаются по количественным показателям. Наибольшая кормовая база отмечена в Карповском вдхр., где доминируют ракообразные и моллюски. Средневегетационные количественные показатели донной фауны водохранилищ были в значительном объеме: 9 392 экз./м<sup>2</sup> и 835,0 г/м<sup>2</sup>. Полученные данные свидетельствуют о стабильности экосистемы водохранилищ ВДСК, с характерными для равнинных водоемов сукцессионными процессами.

**Ключевые слова:** фитопланктон, зоопланктон, бентос, хлорофилл *a*, гидрохимический режим, сезон, водохранилище

**Для цитирования:** Басько Ю. В., Попова А. М., Голоколенова Т. Б., Випхло Е. В., Кривцова П. А., Ельцова Л. В., Кучишкина Н. В., Кученко Н. В., Горелов В. П. Гидробиологические и гидрохимические характеристики водохранилищ Волго-Донского канала: динамика и структурно-функциональные особенности // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2025. № 2. С. 7–20. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2025-2-7-20>. EDN NEBPRZ.

Original article

## Hydrobiological and hydrochemical characteristics of the Volga-Don Canal reservoirs: dynamics and structural-functional features

**Yu V. Basko, A. M. Popova, T. B. Golokolenova, E. V. Viphlo,  
P. A. Krivtsova, L. V. Eltsova, N. V. Kuchishkina, N. V. Kutsenko<sup>✉</sup>, V. P. Gorelov**

Srednevolzhsky Branch of the Federal State Budgetary Institution of Science Russian Federal  
“Research Institute of Fisheries and Oceanography”,  
Volgograd, Russia, n.kutsenko@volgograd.vniro.ru<sup>✉</sup>

**Abstract.** The paper presents the results of comprehensive studies conducted in 2024 on the watershed reservoirs of the Volga-Don Shipping Canal (VDSC). The hydrochemical characteristics of these artificial water bodies are described, along with data on the main components of their food supply: phytoplankton, zooplankton, and macrozoobenthos. In 2024, water levels exceeded long-term averages under an acyclonic weather pattern. Water transparency ranged from 0.5 m (shallow areas in summer) to 3.5 m (central zones in spring). The temperature regime followed seasonal dynamics: 9.4–16.6 °C in spring, up to 33.5 °C in summer, and 8.9–14.7 °C in autumn. Electrical conductivity varied from 630 µS/cm (Karpovskoye Reservoir in autumn) to 1190 µS/cm (Varvarovskoye Reservoir in summer), reflecting spatiotemporal variations in water mineralization. The mineral composition of the VDSC watershed reservoirs is similar to that of the Upper Reach of the Tsimlyansk Reservoir, their primary water source, and corresponds to the bicarbonate-calcium type. Mineral phosphorus levels were typical of mesotrophic reservoirs. The average chlorophyll a concentration during the growing season was 10.5 µg/L, peaking in summer (34.5 µg/L in Bereslavskoye Reservoir), with β-mesotrophic waters prevailing. Phytoplankton comprised 196 species, with average seasonal abundance and biomass of 15.831 thousand cells/L and 4.6 mg/L, respectively. Zooplankton showed low quantitative indicators (135.7 thousand ind./m³, 0.21 g/m³), peaking in summer (0.67 thousand ind./m³). Rotifers dominated in abundance, while crustaceans dominated in biomass. The benthic communities of the reservoirs were structurally similar but differed in quantitative metrics. The highest food supply was recorded in Karpovskoye Reservoir, dominated by crustaceans and mollusks. The mid-vegetative quantitative indicators of benthic fauna in the reservoirs were substantial: 9,392 specimens/m² and 835.0 g/m². The findings indicate the stability of the VDSC reservoir ecosystems, with succession processes typical of lowland water bodies.

**Keywords:** phytoplankton, zooplankton, benthos, chlorophyll a, hydrochemical regime, season, reservoir

**For citation:** Basko Yu. V., Popova A. M., Golokolenova T. B., Viphlo E. V., Krivtsova P. A., Eltsova L. V., Kuchishkina N. V., Kutsenko N. V., Gorelov V. P. Hydrobiological and hydrochemical characteristics of the Volga-Don Canal reservoirs: dynamics and structural-functional features. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry*. 2025;2:7-20. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2025-2-7-20>. EDN NEBPRZ.

### Введение

Волго-Донской судоходный канал – это сложная гидротехническая система комплексного назначения, которая включает в себя Карповское (42 км<sup>2</sup>, средняя глубина 3,7 м), Береславское (15 км<sup>2</sup>, 3,5 м) и Варваровское (26 км<sup>2</sup>, 4,7 м) водохранилища. Они связаны цепью каналов и насосных станций, образуя каскад. Самое высокое – Варваровское, расположено на Волго-Донском водоразделе, затем Береславское и Карповское – в долине р. Дон. Основное питание водохранилищ происходит за счет искусственной подачи воды насосными станциями из Цимлянского водохранилища. При работе шлюзов вода Варваровского водохранилища частично поступает в р. Волга, а частично обратно в Береславское водохранилище и далее через Карповское

в Цимлянское [1].

Интенсивность грузоперевозок через канал только возрастает. Так, в навигацию 2024 г. она увеличилась на 29 % по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года и составила более 13 млн т; выполнено более 60,5 тыс. шлюзований (+5,7 % относительно 2023 г.) и пропущено по бассейну 9,4 тыс. единиц судов (+13,3 %) [2].

С учетом возрастающей антропогенной нагрузки остается актуальной необходимость наблюдения за изменением гидрохимических и гидробиологических характеристик водохранилищ ВДСК. В 2024 г. впервые за последние 15 лет были проведены расширенные комплексные гидрохимические и гидробиологические исследования.

*Цель данной работы:* изучить динамику гидрохимического режима и структурно-функциональные особенности основных групп кормовых организмов ихтиофауны водохранилищ ВДСК.

### Материал и методика

Сбор материала осуществлялся в рамках государственного задания № 076-00001-24-00 Средне-

волжским филиалом Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии с использованием самоходного плавательного средства в апреле, июле и октябре 2024 г. Пробы отбирались на верхнем, среднем и нижнем участках в глубоководных и прибрежных экологических зонах Карповского, Береславского и Варваровского вдхр. (рис. 1).

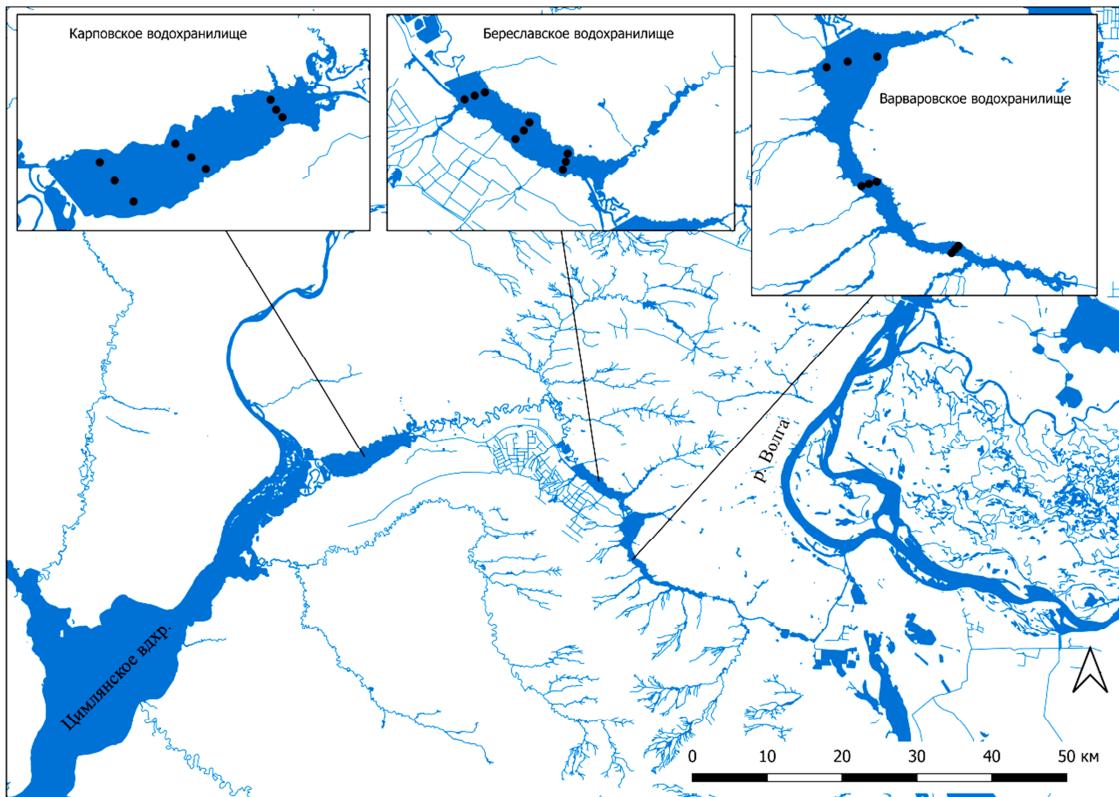


Рис. 1. Карта точек отбора проб в водохранилищах ВДСК в 2024 г.

Fig. 1. Map of sampling points of the VDSC reservoirs for 2024

Собраны и обработаны за вегетационный период 81 проба природной воды, 81 проба на фотосинтетические пигменты и 243 гидробиологических пробы (фито-, зоопланктон, зообентос).

Отбор проб природной воды производился в соответствии со стандартными аттестованными методиками, а также ГОСТ Р 59024-2020. Инstrumentально определялись на месте приборами температура, растворенный кислород и pH воды. Определение производилось в лаборатории гидрохимии и токсикологии Средневолжского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» (№ RA.RU.516957) – перманганатной окисляемости (ПО), ионов аммония, нитрат-ионов, фосфат-ионов, хлорид-ионов, ионов гидрокарбонатов и нефтепродуктов (ПНД Ф 14.1:2:3.1-95; ПНД Ф 14.1:2:4.4-95; ПНД Ф 14.1:2:4.154-99; ПНД Ф 14.1:2:3:4.112-2023; ПНД Ф 14.1:2:3.96-97; ПНД

Ф 14.1:2:4.168-2000). Качество поверхностных вод оценивалось по ПДК веществ для воды рыбохозяйственных водоемов (ПДКрх) согласно Приказу Минсельхоза РФ № 552, 2016 г.

Отбор проб воды на анализ фотосинтетических пигментов фитопланктона осуществлялся интегрированно, их содержание определялось в 90 %-м растворе ацетона [3–5]. Для работы применялся спектрофотометр СФ-2000 со стандартным программным обеспечением. При оценке трофического статуса водных объектов придерживались шкал С. П. Китаева [6]. При сборе и обработке материала (фитопланктона, зоопланктона, зообентоса) использованы методические рекомендации ГосНИОРХ и общепринятые в гидробиологии методики [7–13]. Идентификацию гидробионтов проводили по сериям определителей: «Определители пресноводных водо-

П. А., Ельцова Л. В., Кучинкина Н. В., Кулленко Н. В., Горелов В. П. Гидробиологические и гидрохимические характеристики водохранилищ Волго-Донского канала: динамика и структурно-функциональные особенности

рослей ССР» (1953–1986 гг.) и «Визначник прісноводних водоростей УРСР» (1953–1993 гг.), J. Komarek, B. Fott (1983 г.), П. М. Царенко (1990 г.), серия определителей – *Süsswasserflora von Mitteleuropa* (1985–1990 г.), для фауны: «Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий» (1994–2004 гг.), «Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России» (2016 г.) и [14–21].

Валидные названия приведены в соответствии с международной номенклатурой GBIF 2025 г., Algaebase 2025 г. Статистическую обработку данных и расчет индексов проводили с помощью языка программирования R.

## Результаты исследований

Прозрачность воды в течение вегетационного периода по акватории водохранилищ ВДСК колеба-

лась в пределах от 0,5 до 3,5 м. Наибольшую прозрачность наблюдали весной в центральных точках. Низким уровнем прозрачности отличались мелководные участки водохранилищ летом. Глубина на точках отбора проб отмечалась в интервале от 1,5 до 9 м. Сезонный ход температуры воды у водохранилищ весной находится в интервале от 9,4 до 16,6 °C, летом от 26,1 °C и в отдельных точках отбора достигает 33,5 °C, осенью от 8,9 до 14,7 °C. Динамика электропроводности имела значения от 630 до 1 150 мкСм/см, при этом самые низкие значения отмечались в Карповском вдхр. (летом – 800, осенью – 630 мкСм/см), а высокие в Варваровском (летом до 1 190, осенью – 910 мкСм/см).

Гидрохимический режим водохранилищ ВДСК в период исследований 2024 г. характеризуется приемлемыми условиями для функционирования экосистемы водоема (табл.).

Сезонные показатели гидрохимического режима водохранилищ ВДСК в 2024 г.\*

## Seasonal indicators of the hydrochemical regime of the VDSC reservoirs in 2024

Показатель	ПДК рх	Карповское			Береславское			Варваровское		
		Весна	Лето	Осень	Весна	Лето	Осень	Весна	Лето	Осень
Водородный показатель, ед. pH	6,5–8,5	–	8,2–8,5 8,37	8,2–8,38 8,26	8,1–8,2 8,18	8,5–8,65 8,60	8,2–8,3 8,21	8,1–8,1 8,09	8,5–8,78 8,68	8,1–8,2 8,14
Растворенный кислород, мг/дм <sup>3</sup>	≥ 6,0	9,7–14,7 12,37	4,8–8,1 6,6	5,6–8,1 6,41	9,18–11 10,0	6,4–16,6 10,47	4,6–16,2 8,62	8–21,2 14,13	10,6–20 17,96	5,9–9,2 8,1
Растворенный кислород, % насыщения	–	93,5–132 114	62,2–102 85,1	43–85,5 62,3	93,1–112 99,7	73,3–226 131	45,0–16 85,3	83–217 144	216–257 240	51–80 70,6
Аммоний, мг/дм <sup>3</sup>	0,5	0,16–0,4 0,30	0,25–0,5 0,36	0,3–0,69 0,43	0,18–0,4 0,23	0,2–0,36 0,25	0,3–0,7 0,49	0,14–0,2 0,18	0,33–0,5 0,44	0,2–0,59 0,24
Нитраты, мг/дм <sup>3</sup>	40,0	0,21–0,7 0,46	0,1–0,6 0,13	0,47–7,3 1,51	0,15–0,5 0,28	0,3–0,74 0,52	≤ 0,1–1,3 0,26	0,1–0,4 0,2	0,1–0,58 0,29	0,2–0,4 0,31
Фосфаты, мкг Р/дм <sup>3</sup>	50	27–47 35	41–82 67	53–92 70	45–64 54	16–69 32	51–69 64	47–69 56	19–33 22	42–63 54
ПО, мг О/дм <sup>3</sup>	–	6,7–7,6 7,2	5,8–7,4 6,6	5,7–6,7 6,2	5,6–7,2 6,4	7,4–9,2 8,5	5,7–6,8 6,2	6,9–7,7 7,2	7,0–8,7 8,1	6,0–7,2 6,6
Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	300	98–118 105	83–97 94	74–78 76	129–139 133	127–157 149	103–117 108	144–158 149	167–173 169	148–159 154
Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	0,05	0,09–0,2 0,15	0,03–0,3 0,11	0,01–0,1 0,04	0,1–0,2 0,2	0,03–0,2 0,09	0,01–0,04 0,02	0,04–0,2 0,11	0,1–0,4 0,25	0,04–0,1 0,07
Гидрокарбонаты, мг/дм <sup>3</sup>	–	175–236 191	184–191 187	208–230 217	210–226 219	177–201 183	191–214 201	149–210 161	158–185 174	219–272 252

\* Над чертой – колебания значений, под чертой – средняя величина.

По степени минерализации водохранилища ВДСК относят к водоемам с относительно повышенной минерализацией. Согласно классификации О. А. Алексина [22], данные водохранилища гидро-

карбонатного класса, кальциевой группы II типа. По величине водородного показателя вода в водохранилищах слабощелочная, варьировалась в пределах ошибки определения. Незначительные превышения

ПДК рН зафиксированы в летний период в Береславском и Варваровском вдхр., на 0,1 и 0,18 ед. соответственно, что, возможно, связано с активными процессами жизнедеятельности высшей водной растительности (см. табл.).

Кислородный режим в 2024 г. был нестабилен, наблюдались периоды как низких, так и высоких показателей. ПДК<sub>КХ</sub> растворенного кислорода, обеспечивающее нормальное развитие рыб, составляет 6 мг/дм<sup>3</sup>. Весной содержание растворенного в воде водохранилищ кислорода находилось на среднем уровне (12,17 мг/дм<sup>3</sup>, 119 % насыщения), что было благоприятно для жизнедеятельности гидробионтов. Минимум – 8,01 мг/дм<sup>3</sup> – и максимум – 16,56 мг/дм<sup>3</sup> – фиксировались в прибрежной части Варваровского вдхр. В летний период наблюдались две крайние ситуации: содержание кислорода в Карповском вдхр. падало ниже допустимой нормы, до 4,79 мг/дм<sup>3</sup>, что создавало опасность возникновения «заморов», приводящих к гибели ВБР. Вместе с тем в воде Варваровского и Береславского вдхр. уровень кислорода поднимался до аномально высоких значений – 16,57 и 20,3 мг/дм<sup>3</sup> (226 и 257 % насыщения) соответственно, что могло отрицательно влиять на жизненные функции водных организмов и рассматривалось как следствие интенсивного развития фитопланктона, процессов гиперэвтрофикации. «Лишний кислород» способен вызывать оксидативный стресс у гидробионтов, нарушая их физиологические функции [23]. Осенью, из-за продолжительного периода высоких температур воздуха и воды, содержание растворенного кислорода по сравнению с летом не увеличилось в Карповском вдхр., на отдельных участках было ниже нормы – 5,58 мг/дм<sup>3</sup>. В Береславском и Варваровском – также понизилось вплоть до цифр ниже ПДК (4,63 и 5,59 мг/дм<sup>3</sup> соответственно). Вероятнее всего, процессы фотосинтеза пошли на убыль, но в толще воды еще высоко содержание органических веществ, на окисление которых и использовался кислород.

Перманганатная окисляемость – косвенный показатель трофности системы – зависит от количества и качества биогенных соединений, от разновидностей и содержания органических веществ, от общего биологического состава [24]. Способ поступления воды в водохранилища накачной, приток с водосборных площадей небольшой [1], все органическое вещество, находящееся в толще воды, автохтонно. Показатели ПО для Карповского вдхр. в 2024 г. не превышали 7,6 мгО/дм<sup>3</sup>, что близко к уровню мезотрофных водоемов. Более высокие цифры ПО летний период – в Береславском и Варваровском вдхр., 9,2 и 8,7 мгО/дм<sup>3</sup> соответственно – свидетельствуют о присутствии повышенного количества «органики», переходе водоемов в статус более трофных – умеренно эвтрофных, что коррелирует с данными по pH и кислороду.

Также одним из факторов, вызывающих измене-

ние трофического статуса водохранилищ, является повышенный уровень фосфатов [25]. Высокие значения последних фиксировались в Карповском вдхр. летом и осенью на уровне 1,34 и 1,4 ПДК соответственно, в Береславском и Варваровском – весной и осенью от 1,08 до 1,28 ПДК соответственно сезонам. 2024 г. характеризовался невысоким уровнем азотсодержащих биогенов в водной среде обследуемых водоемов, максимальные концентрации ионов аммония для всех водохранилищ зафиксированы в осенний период: от 1,18 до 1,38 и 1,4 ПДК – в Варваровском, Карповском и Береславском вдхр. соответственно.

Содержание хлоридов в воде Карповского вдхр. уменьшается от весны к осени, превышений ПДК не выявлено. В Береславском и Варваровском вдхр. наибольшие концентрации хлоридов зафиксированы в летний период – до 173 мг/дм<sup>3</sup>, что может быть следствием поступления более минерализованных вод с водосборной площади [23, 24]. Как уже было отмечено, изучаемые водохранилища гидрокарбонатные [22], уровень их стабилен с некоторыми сезонными колебаниями – некоторое их уменьшение наблюдалось в летний период, на фоне повышения pH, что указывает на извлечение из них водной растительностью углекислого газа, с образованием свободных радикалов OH<sup>-</sup> [26].

Основными компонентами нефти и нефтепродуктов являются углеводороды различного происхождения. Помимо антропогенного загрязнения, углеводороды попадают в воду из-за естественных выделений живых организмов и разложения органического вещества [27, 28]. Весной в водохранилищах ВДСК содержание нефтепродуктов превышает ПДК в 2–3 раза, но в Карповском и Береславском водохранилищах к лету концентрация снижается до уровня ниже ПДК. В Варваровском водохранилище летом отмечается максимальное содержание – 5 ПДК, что пересекается с данными по содержанию органического вещества по показателю ПО. К осени концентрация нефтепродуктов снижается, но остается выше ПДК, вероятнее, как из-за антропогенного, так и биогенного воздействий.

### Гидробиология

По материалам прикладных исследований филиала в отношении зарастания гелофитами водохранилища ВДСК можно отнести к умеренно заросшим, процент зарастания от общей площади акватории водохранилищ составляет: Карповское – 15 %, Береславское – 20 %, Варваровское – 14,7 %.

Содержание основного фотосинтетического пигмента хлорофилла *a* (Хл *a*) в воде водохранилищ ВДСК в период исследования изменилось в широком диапазоне, от 0,6 до 35,5 мг/м<sup>3</sup>, т. е. в 59 раз. Однако около 77 % всех значений не превышали 10 мг/м<sup>3</sup>, а 50 % были ограничены 6 мг/м<sup>3</sup> (рис. 2, *a*) при средневегетационном значении 10,5 мг/м<sup>3</sup>.

Басько Ю. В., Попова А. М., Голоколенова Т. Б., Вилхло Е. В., Кривцова П. А., Ельцов Л. В., Кучинкина Н. В., Куденко Н. В., Горелов В. П. Гидробиологические и гидрохимические характеристики водохранилищ Волго-Донского канала: динамика и структурно-функциональные особенности

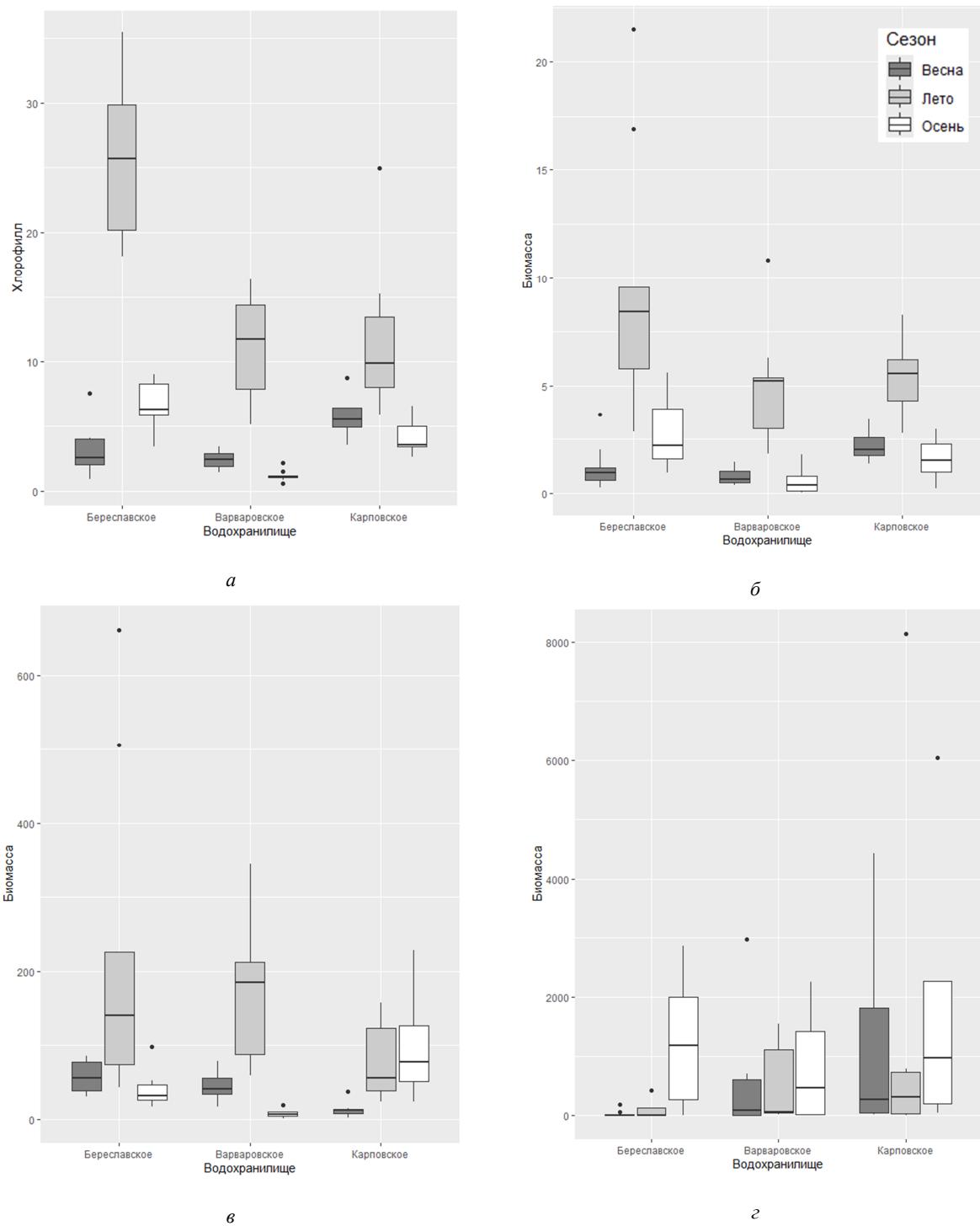


Рис. 2. Динамика показателей концентраций хлорофилла *a*, мг/м<sup>3</sup> (*а*) и биомассы: фитопланктона, г/м<sup>3</sup> (*б*); зоопланктона, г/м<sup>3</sup> (*в*); бентоса, г/м<sup>2</sup> (*г*) водохранилищ ВДСК

Fig. 2. Dynamics of chlorophyll *a* concentrations, mg/m<sup>3</sup> (*a*) and phytoplankton biomass, g/m<sup>3</sup> (*б*); zooplankton, g/m<sup>3</sup> (*в*); benthos, g/m<sup>2</sup> (*г*) of the VDSC reservoirs

В весенний период содержание Хл *a* отмечено на уровне 3,8 мг/м<sup>3</sup> с колебаниями от 0,9 до 8,8 мг/м<sup>3</sup>. Наибольшие значения отмечались в этот период

в Карповском вдхр. (5,8 мг/м<sup>3</sup>), наименьшие в Варваровском (2,5 мг/м<sup>3</sup>) (см. рис. 2, *а*).

В летний период при прогреве воды до 33,5 °C на пике развития фитоценозов в водохранилищах ВДСК фиксируются наибольшие значения концентраций Хл  $a$ , при средних около 16 мг/м<sup>3</sup>, однако в двух крайних водохранилищах – Карповском и Варваровском – отмечались примерно равные значения содержания Хл  $a$ : около 10 мг/м<sup>3</sup> (см. рис. 2, а). Максимальные концентрации Хл  $a$  достигали 34,5 мг/м<sup>3</sup> в Береславском вдхр. и в среднем здесь составили 26 мг/м<sup>3</sup>.

Наиболее встречаемые значения Хл  $a$  осенью – около 4 мг/м<sup>3</sup>, с минимальными значениями 1,2 мг/м<sup>3</sup> в Варваровском вдхр. и максимальными в Береславском – 6,7 мг/м<sup>3</sup> (см. рис. 2, а). В этот период затухает вегетационная активность фитопланктона и фиксируется наибольший разброс концентраций по акватории водохранилищ ВДСК.

В 2024 г. наименьшая разница в величинах Хл  $a$  отмечена в Карповском вдхр., и воды этого водохранилища характеризуются умеренной степенью изменчивости ( $Cv = 66\%$ ); более вариабельны концентрации фотосинтетических пигментов в воде Береславского (91 %) и Варваровского (102 %) вдхр. По данным 2024 г. наибольшие средние концентрации хлорофилла на уровне  $\alpha$ -эвтрофных отмечаются в Береславском вдхр. (средневегетационная концентрация Хл  $a$  – 16 мг/м<sup>3</sup>). В остальных водохранилищах воды имеют категорию  $\beta$ -мезотрофных. (средневегетационная концентрация Хл  $a$  в Карповском – 8,6 мг/м<sup>3</sup>, в Варваровском – 6,8 мг/м<sup>3</sup>), что коррелирует с данными гидрохимических исследований – уровнем ПО, фосфора, кислорода, pH (см. табл.). Наибольшая разница между минимальными и максимальными показателями, как и коэффициент вариации в сезонном аспекте, отмечается в осенний период ( $Cv = 65\%$ ), наименьшая – в летний ( $Cv = 53\%$ ).

**Фитопланктон.** За период исследования в 2024 г. в фитопланктоне водохранилищ ВДСК обнаружено 196 видов (206 таксонов водорослей рангом ниже вида). Максимально представлены диатомовые (95 формы), разнообразны зеленые (45 форм), включающие 26 хлорококковых, 14 – вольвоксовых, 1 – десмидиевых и 1 – улотризовых, цианобактерии (25), немало криптофитовых (14), динофитовых (11), золотистых (9) и эвгленовых (7). Структура фитоценоза сходна с описанной по результатам ежемесячных обследований в 2005–2007 гг. [29]. В среднем регистрировали от 16 до 22 форм в пробе, максимум (36 форм) отмечали в Карповском вдхр. летом, минимум 5 в Варваровском – осенью. Индекс Жаккара для водохранилищ достаточно высок и составляет 0,56–0,69.

Сезонная смена групп вполне закономерна и свойственна происходящим сукцессиям в водохранилищах равнинного типа [30].

В сезонной динамике видового спектра водорослей четко проявляются структурные изменения.

Весной отмечено наибольшее количество форм микроводорослей – 131. Видовой спектр диатомовых наиболее широкий – 90 видов. Частота встречаемости была наибольшей: *Cyclotella atomus* Hustedt, *Cyclotella minutula* Kützing, *Synedra radians* var. *radians* Kützing, *Amphora ovalis* (Kütz.) Kütz., *Gomphonema olivaceum* (Hornemann) Ehrenberg. Разнообразие зеленых отмечалось значительно меньше (13), среди них преобладали хлорококковые (9). Из 9 представителей криптофитовых, отмечаемых во все сезоны, весной наиболее часто обнаруживалась *Chroomonas nordstedtii* Hansg. Из золотистых, одной из малочисленных групп водорослей, весной достигающей наибольшего разнообразия (7), часто отмечался *Dinobryon divergens* O. E. Imhof. Весной и осенью наблюдалось наименьшее число видов в группе цианобактерий (6). Динофитовые и эвгленовые весной также были представлены небольшим числом видов – 4 и 2 соответственно.

Летнее сообщество планктонных водорослей несколько беднее – 102 вида и разновидности. В этот период своего максимального разнообразия (35) достигали зеленые, включающие 24 хлорококковых и 11 вольвоксовых. Видовой состав цианобактерий возрос до максимального – 23 формы. Часто встречались следующие виды: *Chrysosporum bergii* (Ostenf.) Zapomelová et al., *Anabaena oscillarioides* Bory ex Bornet & Flahault, *Cuspidothrix elenkinii* (Kisselev) Rajaniemi & al., *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Bornet & Flahault, *Dolichospermum spiroides* (Kleb.) Wacklin, L. Hoffm. & Komárek. Разнообразие диатомовых и золотистых закономерно летом снизилось до 22 и 8 видов соответственно. Количество динофитовых выросло до 8 видов, их которых *Peridiniopsis oculata* (F. Stein) Bourr. отмечался наиболее часто. Разнообразие эвгленовых и криптофитовых и оставалось на весеннем уровне – 3 и 8 видов. Среди последних часто встречались *Cryptomonas erosa* Ehrenb. и *Komma caudata* (Geitler) D. R. A. Hill.

Осенью отмечено наименьшее число видов – 61. Как и весной, преобладали диатомовые (28), среди которых часто встречалась типично летняя центральная *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen. Видовой спектр зеленых снизился до 12 как за счет уменьшения числа видов хлорококковых (до 7), так и вольвоксовых (до 4). Из криптофитовых (10 видов) наибольшая частота встречаемости была у *K. caudata*, *Ch. nordstedtii*. Разнообразие золотистых, эвгленовых и динофитовых не превышало 1–2 вида.

Средневегетационные значения численности и биомассы фитопланктона составили 15 831 тыс. кл./л и 4,6 мг/л соответственно. Современная биомassa несколько ниже показателей 2005–2007 гг. (5,6 мг/л) [29]. Тест One-Way ANOVA не показал достоверных отличий в биомассе фитопланктона

водохранилищ при  $p < 0,05$ . На рис. 2, б представлен ход изменения биомассы планктонных водорослей по каждому водохранилищу по сезонам.

Весной средние значения численности и биомассы составили 2 200 тыс. кл./л и 1,3 мг/л. В Карповском вдхр. развивался диатомово-криптофитовый комплекс с долями этих групп в общей биомассе 71 и 14 % соответственно. К ведущим видам в водохранилище относили *C. minutula*, *S. radians* и *K. caudata*. В Береславском вдхр. развивался диатомово-золотистый комплекс (55 и 44 % соответственно), а в Варваровском золотисто-диатомово-криптофитовый. На долю этих отделов приходилось 59, 23 и 10 % соответственно. К ведущим в обоих водохранилищах относился *D. divergens*, а в Варваровском еще и *Chr. nordstedtii*.

Летом средние значения численности и биомассы достигали максимальных значений: 24 584 тыс. кл./л и 6,7 мг/л. В этот период цианобактерии составляли основу общей биомассы на всех водохранилищах (52 % в Карповском, 46 % в Береславском и 56 % в Варваровском). К ведущим видам относились *Aph. flosaqueae*, *A. oscillarioides*, *D. spiroides*, *C. elenkinii*. За счет обильного развития представителей вольвоксовых неравномерно по водохранилищам возрастила роль зеленых. Их доля составляла 29 % в биомассе фитопланктона Варваровского вдхр. и 12 и 11 % в Береславском и Карповском вдхр. На отдельных станциях представители вольвоксовых имели высокие биомассы – это *Colemanosphaera charkowiensis* (Korshikov) H. Nozaki, T. K. Yamada, F. Takahashi, R. Matsuzaki & T. Nakada в Варваровском вдхр. с биомассой 5,8 мг/л и долей 53 % и *Pteromonas aculeata* Lemmerm. (9,04 мг/л и 55 %) в Береславском. Вклад в биомассу диатомовых водорослей наиболее заметен в Береславском (25 %) и в Карповском (20 %), в Варваровском их доля составляла всего 6 %. Криптофитовые имели 13 % в Карповском и 10 % в Береславском. Ведущими из них были *Chr. bergii*, *Cr. erosa*. Представители динофитовых водорослей составляли не более 6 % биомассы. В Береславском вдхр. отмечена максимальная летняя биомасса 21,2 мг/л, в которой по 34 % приходилось на *Aph. flosaqueae* (7,4 мг/л) и *A. granulata* (7,5 мг/л).

Осенью развивался диатомово-криптофитовый комплекс со средней численностью 9 714 тыс. кл./л и биомассой 3,2 мг/л. Доля диатомовых по водохранилищам составляла 55–63 %, криптофитовых – 42 % в Варваровском, 38 % в Карповском и несколько меньше в Береславском (25 %). На нескольких станциях Береславского водохранилища по-прежнему были заметны летние вольвоксовые (22 и 59 %), а Карповского – цианобактерии (19 и 20 %). К ведущим видам относились во всех водохранилищах *A. granulata*, *K. caudata*, *Ch. nordstedtii*.

**Зоопланктон.** В период наблюдений видовое раз-

нообразие зоопланктона водохранилищ канала Волго-Дон было представлено 46 видами, из которых Rotifera – 23, Cladocera – 13, Copepoda – 10.

Всего весной было обнаружено 20 видов зоопланктеров. В Карповском вдхр. среди коловраток доминировали *Keratella quadrata* (O. F. Müller, 1786) и *Lecane luna* (O. F. Müller, 1776), среди ветвистоусых раков – *Bosmina longirostris* (O. F. Müller, 1785), веслоногие раки встречались науплиальными и взрослыми особями – *Halicyclops neglectus* (Kiefer, 1935) и понто-каспийской *Eurytemora caspica* (Sukhikh et Alekseev, 2013). Ведущий комплекс Береславского вдхр. в тот же период представлен другим видовым разнообразием – *Asplanchna priodonta* (Gosse, 1850), *Polyarthra dolichoptera* (Idelson, 1925), *Chydorus sphaericus* (O. F. Müller, 1785). Планктофауна копепод идентична веслоногим ракообразным Карповского вдхр. Биоценоз Варваровского вдхр. представлен иным видовым составом, где массовыми из коловраток были *L. luna*, *Synchaeta pectinata* (Ehrenberg, 1832), из ветвистоусых – *C. sphaericus*, *E. caspica* и *Eucyclops serrulatus* (Fischer, 1851) из веслоногих раков.

К лету спектр видов зоопланктона закономерно расширился до 36. Увеличение видов произошло практически во всех систематических сообществах. Изменились и ведущие группы организмов. Сокращается число обнаруженных видов среди коловраток, увеличивается количество ветвистоусых и веслоногих ракообразных, что характерно для летнего сезона. В доминантном составе водохранилища по-прежнему преобладает *K. quadrata*, у кладоцер ведущим видом становится южный ракок – *Diaphanosoma orghidani* (Negrea, 1982). Среди копепод чаще встречаются взрослые и половозрелые особи – понто-каспийские *Heterocope caspica* (Sars, 1897) и *E. caspica*, североамериканский *Acanthocyclops americanus* (Marshall, 1893) и восточноазиатский *Termocyclops taihokuensis* (Harada, 1931), *T. crassus*, *H. neglectus*, ранее указанные в работе [15]. Массовые виды Береславского вдхр. схожи с летней фауной Карповского. Помимо зоопланктона в пробах встречаются простейшие организмы. В Варваровском вдхр. отмечено наибольшее разнообразие видов в канале за летний период. Замещаются полностью доминантные представители ветвистоусых раков на понто-каспийский вид *Podonevadne trigona ovum* (Zernov, 1901), что прослеживалось и ранее [15], и коловраток – *Euchlanis dilatata* (Ehrenberg, 1832), *Asplanchna priodonta*, *Finilinia longiseta* (Ehrenberg, 1834). Копеподы летом представлены видами *Mesocyclops leuckarti* (Claus, 1857), *A. americanus*, *T. crassus*, *E. caspica*, *H. neglectus*, *Diacyclops bicuspis* (Claus, 1857).

Осенний биоценоз канала характеризуется неравномерным распределением зоопланктона между водохранилищами. Наибольшее количество видов

в данный период встречалось в Береславском вдхр. – 19, тогда как в Варваровском в разы меньше – 6, а в Карповском – 10. В Карповском вдхр. в массе *S. pectinata* из коловраток, *B. longirostris* и *Daphnia galeata* (Sars, 1864) из ветвистоусых раков. Среди копепод взрослые и науплиальные. Доминирующие виды зоопланктеров Береславского вдхр. – *S. pectinata*, *P. dolichoptera*, *B. longirostris*. Варваровское вдхр. представлено *P. dolichoptera* и ветвистоусым раком *B. longirostris*.

Индекс Чекановского – Съеренсена показал высокое сходство биоразнообразия между Карповским и Береславским вдхр. (0,7) и умеренное сходство Варваровского и Карповского, Варваровского с Береславским (0,5).

В период наблюдений средневегетационные количественные значения водохранилищ ВДСК находились на невысоком уровне и составляли 135,7 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 0,21 г/м<sup>3</sup>.

Весной в Береславском вдхр. отмечена наибольшая численность и биомасса зоопланктона – 49,8 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 0,175 г/м<sup>3</sup>. Наименьшие количественные значения отмечены в Карповском вдхр. – 32,761 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 0,04 г/м<sup>3</sup>. В Варваровском вдхр. численность составляла 41,879 тыс. экз./м<sup>3</sup>, а биомасса 0,05 г/м<sup>3</sup>. В Карповском и Варваровском вдхр. основу численности составляли коловратки (75 и 76 %), а биомассы – науплиальные стадии развития веслоногих раков. И только в Береславском вдхр. основу численности и биомассы составляют личиночные стадии развития копепод (78 и 70 %).

Летом максимальные значения биомассы зоопланктона отмечены в Береславском вдхр. Основу биомассы формируют разные стадии развития копепод (0,67 г/м<sup>3</sup>), при этом численность составляет 146,6 тыс. экз./м<sup>3</sup>. В Варваровском вдхр. при высоком значении численности (350,7 тыс. экз./м<sup>3</sup>) биомасса составляет 0,496 г/м<sup>3</sup> за счет коловраток (90 и 67 %). Минимальная численность и биомасса была в Карповском вдхр. (79,3 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 0,242 г/м<sup>3</sup>), основу составляли науплиальные и копеподитные стадии развития (95 и 82 %).

Осенью наибольшую биомассу зоопланктона регистрировали в Карповском вдхр. – 0,1 г/м<sup>3</sup>, численность в Береславском – 31,4 тыс. экз./м<sup>3</sup>. В Варваровском вдхр. зоопланктон принимал минимальные количественные значения – 5,8 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 0,009 г/м<sup>3</sup> (см. рис. 2, в). Основу численности на всех трех водохранилищах формировали коловратки (Карповское – 76 %, Береславское – 80 %, Варваровское – 48 %). Биомассу Карповского вдхр. на 71 % составляли кладоцеры, Береславского – коловратки (45 %), Варваровского – копеподы (51 %).

На протяжении всего вегетационного сезона в пробах встречались велигеры моллюсков рода *Dreissena*: весной они отмечены в Карповском и Варваровском вдхр., их вклад в количественные показатели не пре-

вышает 0,5 %; летом встречались во всех водохранилищах – не более 12 %; осенью только в Береславском – не более 0,02 %.

Численность и биомасса зоопланктона водохранилищ распределялась неравномерно. Его наибольшие значения отмечены в прибрежных точках, а наименьшие в центральных. В Береславском вдхр. летом в отдельных пробах (у балки Самородная) биомасса достигала 0,6 г/м<sup>3</sup> (см. рис. 2, в). Низкий уровень биомассы позволяет отнести водохранилища ВДСК к малокормным.

Чтобы оценить значимость различий в численности и биомассе зоопланктона между водохранилищами и сезонами, использовали однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA), который показал, что различия статистически значимы,  $p < 0,05$ .

**Макрообентос.** Донная фауна водохранилищ ВДСК в течение всего вегетационного периода 2024 г. насчитывала 72 вида, включающих 18 личинок хирономид, 18 высших ракообразных, 15 олигохет, 7 моллюсков, 3 полихеты и 11 видов прочих донных организмов. Общее количество выявленных видов по водоемам составило: в Карповском – 48, в Береславском – 47, в Варваровском – 51. Ядро константных видов, играющих основную роль в количественных показателях, составили 8 бентонтов с встречаемостью 52–88 %: весной – *Chelicorophium curvispinum* (G. O. Sars, 1895), *Polypedilum nubeculosum* (Meigen, 1804), *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771); летом – *D. polymorpha*, *Ch. curvispinum*, *Chironomus plumosus* (Linnaeus, 1758), *Chelicorophium chelicorne* (G. O. Sars, 1895), *Dreissena bugensis* (Andrusov, 1897), *Potamothrix moldaviensis* (Vejdovský & Mrázek, 1903), *P. nubeculosum*, *Procladius ferrugineus* (Kieffer, 1918); осенью – *Dr. polymorpha*, *Dr. bugensis*, *Ch. chelicorne*, *P. moldaviensis*, *P. nubeculosum*, которые являются обычными для данных водоемов. Второстепенными видами с встречаемостью 30–48 % выступали: весной – *Limnodrilus claparedianus* (Ratzel, 1868), *P. moldaviensis*, *Hypania invalida* (Grube, 1860); летом – *Microchironomus tener* (Kieffer, 1918); осенью – *Theodoxus major* (Issel, 1865), *Dikerogammare haemobaphes* (Eichwald, 1841), *Ch. curvispinum*, *Procladius choreus* (Meigen, 1804). Остальные виды имеют меньшую степень распространения, и их встречаляемость по водоемам колеблется в пределах 4–28 %.

Количество видов в пробе по водохранилищам колебалось в широком диапазоне: в Карповском – 7–17, в Береславском – 0–14, в Варваровском – 0–16. По характеру видовой структуры донных биоценозов все три водохранилища схожи, но экологически благополучнее состояние донного сообщества Карповского вдхр.

Общность структуры доминантных комплексов зообентоса водоемов канала была очень высокой:

индекс сходства состава массовых видов Карповского и Варваровского вдхр. составил 0,77, Карповского и Береславского – 0,69, Береславского и Варваровского – 0,65. Это вполне объяснимо их относительной территориальной близостью, морфологией, сходными физико-химическими свойствами воды, температурным режимом и другими экологическими условиями.

Донные организмы распределяются в водоемах в зависимости от имеющихся биотопов, которые были достаточно разнообразны. Около 40 % от общей площади дна канала занимает твердый глинисто-песчаный грунт, остальная часть слагается песком с различной степенью заиливания или глинистыми и черными илами с примесью ракуши и детрита. В соответствии с характером биотопов происходит и распределение организмов макробентического сообщества. На твердом грунте в больших количествах встречались высшие ракообразные и моллюски, на мягких грунтах возрастают значения пелофилов – малощетинковых червей и личинок хирономид.

В целом водохранилища канала характеризуются значительным развитием донных кормовых ресурсов. Средневегетационные количественные показатели донной фауны водохранилищ составляли 9 392 экз./м<sup>2</sup> и 835,0 г/м<sup>2</sup>, в основном за счет массового развития в 2024 г. двустворчатого моллюска *Dr. polymorpha*.

Весной в Карповском вдхр. наблюдаются наибольшие скопления донных животных среди всех исследованных водоемов. Их численность по станциям колеблется в пределах 3 000–19 960 экз./м<sup>2</sup>, достигая веса 18,44–2 950,8 г/м<sup>2</sup>, составляя в среднем 12 769 экз./м<sup>2</sup> и 1 191,99 г/м<sup>2</sup> (см. рис. 2, 2). Минимальные показатели численности и биомассы отмечались в Береславском вдхр. – 1 320 экз./м<sup>2</sup> и 28,65 г/м<sup>2</sup> соответственно, за счет низких значений высших ракообразных и моллюсков. Средневегетационные показатели бентоса в Варваровском вдхр. составили 5 422 экз./м<sup>2</sup> и 541,02 г/м<sup>2</sup>.

Летом наибольшие показатели как численности, так и биомассы зафиксированы в Карповском вдхр., составляя 20 116 экз./м<sup>2</sup> и 1 158,86 г/м<sup>2</sup>, что более чем в 2 раза выше, чем в Варваровском вдхр. (8 227 экз./м<sup>2</sup> и 527,34 г/м<sup>2</sup> соответственно). В Береславском вдхр. отмечается минимум количественных показателей, равный 3 400 экз. весом 108,54 г на одном квадратном метре.

К осени общая средняя биомасса бентоса во всех водоемах несколько возрастает, составляя максимум в Карповском вдхр. – 1 899,7 г/м<sup>2</sup>, а на отдельных его участках (открытое мелководье в центральной точке нижнего разреза) достигая 6 035,48 г/м<sup>2</sup>. Интенсивность развития донных беспозвоночных в Береславском вдхр. составила 12 353 экз./м<sup>2</sup> и 1 241,08 г/м<sup>2</sup>, а в Варваровском – 8 278 экз./м<sup>2</sup> и 814,81 г/м<sup>2</sup>.

Основу численности во всех водохранилищах составляют ракообразные, на долю которых приходится: в Карповском – 46 %, в Береславском – 28 %, в Варваровском – 38 % от суммарной, а давляющую часть биомассы составляют моллюски, определяющие на 97 % запасы общей биомассы в Карповском вдхр., на 99 % в Береславском, на 98 % в Варваровском.

В количественных показателях зообентоса мы выделяем «общий» и «мягкий» бентос. К «общему» бентосу относят все группы организмов, включая моллюсков. С позиции кормовой базы для рыб большее значение имеет «мягкий», наиболее ценный в кормовом отношении, зообентос. По величине средневегетационной биомассы мягкотелых бентических организмов наиболее кормовым является Карповское вдхр. (37,25 г/м<sup>2</sup>). Береславское вдхр. стоит на последнем месте (5,13 г/м<sup>2</sup>), а Варваровское занимает, соответственно, промежуточное положение (12,43 г/м<sup>2</sup>). Суммарная величина продукции бентоса по водохранилищам составила: в Карповском – 6 944,59 г/м<sup>2</sup>, в Береславском – 2 222,003 г/м<sup>2</sup>, в Варваровском – 3 063,233 г/м<sup>2</sup>. Согласно принятой классификации М. Л. Пидгайко [22], Карповское вдхр. можно оценить как «весома высококормный» водоем, Варваровское – «высококормный», а Береславское – «выше средней кормности».

Тест Крускала – Уоллиса выявил статистически значимые различия в медиане биомассы бентоса между группами ( $p = 0,031$ ). Попарные сравнения с поправкой Бенджамина – Хохберга показали, что биомасса в Карповском вдхр. значительно выше, чем в Береславском ( $p = 0,02$ ), но не отличается от Варваровского ( $p = 0,15$ ).

### Заключение

По результатам проведенных исследований установлено, что основные рыбохозяйственные гидрохимические показатели находились на пригодном уровне для жизнедеятельности водных организмов.

По исследуемым показателям трофический статус экосистемы водохранилищ определяется как мезотрофный – умеренно-эвтрофный. По уровню развития зоопланктона водохранилища относятся к низкокормным. Ведущая роль в формировании донных кормовых ресурсов принадлежит ракообразным и моллюскам. Наиболее кормовым среди водохранилищ канала является Карповское.

Однако необходимо отметить, что в системе водохранилищ канала ВДСК высокие значения фосфатов, нефтеуглеводородов и перманганатной окисляемости зафиксированы в Береславском вдхр. Данные показатели, являясь маркерами отрицательного антропогенного влияния, вероятнее всего, провоцируют здесь высокое развитие фитоценозов в летний период при чрезмерном прогревании водной толщи. Неравномерность состояния планкто- и бентофауны,

отсутствие донных организмов в отдельных пробах отражает неблагополучность условий обитания для

гидробионтов в Береславском вдхр.

### Список источников

- Трусов В. З. Ихтиофауна водохранилищ Волго-Донского канала им. В. И. Ленина и биологическое обоснование ее реконструкции // Изв. ГосНИОРХ. 1969. Т. 65. С. 11–32.
- Грузоперевозки в Волго-Донском бассейне в 2024 году увеличились на 29 % – до 13,5 млн т. URL: <https://portnews.ru/news/371296/> (дата обращения: 10.12.2024).
- Lorenzen C. J., Jeffrey S. W. Determination of chlorophyll in sea water. Paris: UNESCO, 1980. 20 p.
- Сигарева Л. Е. Спектрофотометрический метод определения пигментов фитопланктона в смешанном экстракте // Методические вопросы изучения первичной продукции планктона внутренних водоемов. СПб.: Гидрометеоиздат, 1993. С. 75–84.
- SCOR-UNESCO Working Group № 17. Determination of photosynthetic pigments in sea water // Monographs on Oceanographic Methodology. Paris: UNESCO, 1966. Р. 9–18.
- Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2007. 395 с.
- Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В. А. Абакумова. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 240 с.
- Лаврентьева Г. М., Бульон В. В. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Фитопланктон и его продукция. Л., 1982. 32 с.
- Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. 239 с.
- Корнева Л. Г. Опыт использования морфофункциональной классификации пресноводных водорослей для оценки динамики и пространственного распределения ассоциаций фитопланктона Рыбинского водохранилища // Яросл. пед. вестн. (Естеств. науки). 2012. Т. III. С. 110–114.
- Салазкин А. А., Иванова М. Б. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. Л.: Изд-во ГосНИОРХ – ЗИН, 1982. 33 с.
- Салазкин А. А., Огородникова В. А. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Задачи и методы изучения использования кормовой базы рыб. Л.: Изд-во ГосНИОРХ – ЗИН, 1984. 19 с.
- Гламазда В. В. Современное состояние зоопланктона Цимлянского водохранилища и его продукция // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 1982. Вып. 184. С. 30–34.
- Мирошниченко М. П., Лапицкий И. И., Калинина С. Г. Потенциальная рыбопродуктивность Цимлянского водохранилища и пути ее реализации // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 1986. Вып. 242. С. 29–41.
- Кутикова Л. А. Коловратки фауны СССР (Rotatoria). Подкласс Eurotatoria (отряды Ploimida, Monimotrochida, Paedotrochida). Л.: Наука, 1970. 745 с.
- Лазарева В. И., Сабитова Р. З. Зоопланктон Цимлянского водохранилища и канал Волга – Дон // Зоолог.
- журн. 2021. № 4. С. 1473–1486. DOI: 10.31857/S0044513421040115.
- Лазарева В. И., Болотов С. Э. Анализ существования недавнего вида Diaphanosoma orghidani Negrea с аборигенным видом *D. brachyurum* (Lievin) (Crustacea, Cladocera) в Рыбинском водохранилище // Рос. журн. биолог. инвазий. 2013. Т. 6. № 2. С. 18–34.
- Лазарева В. И. Расселение чужеродных понто-каспийских видов зоопланктона в водохранилищах Волги и Камы // Рос. журн. биолог. инвазий. 2019. Т. 12. № 3. С. 29–52.
- Жихарев В. С., Гаврилко Д. Е., Шурганова Г. В. Нахodka тропического вида *Thermocyclops taihokuensis* Harada, 1931 (Copepoda: Cyclopoida) в европейской части России // Поволж. эколог. журн. 2019. № 2. С. 264–270. DOI: 10.35885/1684-7318-2019-2-264-270.
- Alekseev V. Confusing Invader: *Acanthocyclops americanus* (Copepoda: Cyclopoida) and Its Biological, Anthropogenic and Climate-Dependent Mechanisms of Rapid Distribution in Eurasia // Water. 2021. V. 13. N. 10. P. 1423. DOI: 10.3390/w13101423.
- Connolly J., Watkins J., Hinckley Malloy E., Rudstam L., Reid J. New cyclopoid copepod (*Thermocyclops crassus*) reported in the Laurentian Great Lakes // Journal of Great Lakes Research. 2017. V. 43. P. 198–208. DOI: 10.1016/j.jglr.2017.03.020.
- Пидгайко М. Л., Александров Б. М., Иоффе Ц. И., Максимова Л. П., Петров В. В., Савотеева Е. Б., Салазкин А. А. Краткая биолого-продукционная характеристика водоемов Северо-Запада СССР // Из. ГосНИОРХ. 1968. Т. 67. С. 205–228.
- Алекин О. А. Основы гидрохимии / отв. ред. С. В. Бруевич. Л.: Гидрометеоиздат, 1970. 443 с.
- Smith V. H., Tilman G. D., Nekola J. C. Eutrophication: Impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems // Environmental Pollution. 1999. V. 100. P. 179–196.
- Шашуловская Е. А., Мосияш С. А., Далечина И. Н. Многолетние изменения основных показателей трофического состояния крупного равнинного водохранилища под влиянием климатической трансформации и сукцессионных процессов // Биология внутренних вод. 2021. № 6. С. 547. DOI: 10.31857/S0320965221060164.
- Двинских С. А. Факторы формирования и элементы химического состава поверхностных вод: учеб.-метод. пособие. Пермь: Изд-во Перм. гос. нац. исслед. ун-та, 2020. 77 с.
- Барабашин Т. О., Кораблина И. В., Павленко Л. Ф., Скрыпник Г. В., Короткова Л. И. Методическое обеспечение мониторинга загрязнения водных объектов Азовово-Черноморского бассейна // Водные биоресурсы и среда обитания. 2018. Т. 1. № 3–4. С. 9–27.
- Ermakova Y. S., Pavlenko L. F., Barabashin T. O., Borovkov A. B., Novikova T. M. Composition of Hydrocarbons in Lipid Fractions of Mass Species in the Phytoplankton of the Azov and Black Seas // Oceanology. 2020. V. 60. № 4. P. 556–563.
- Калинина С. Г., Кравцова Г. В., Мышиякова Н. В. Современное состояние фитопланктона водораздельных

имические  
зобенности  
водохранилищ Волго-Донского судоходного канала //  
Состояние, охрана, воспроизводство и устойчивое ис-  
пользование биоресурсов внутренних водоемов: 55-лет  
ВО ГосНИОРХ. Волгоград, 2007. С. 130–136.

- Баскю Ю. В., Попова А. М., Голоколенова Т. Б., Винхло Е. В., Кривцова П. А., Ельцовская Л. В., Кучинкина Н. В., Кулченко Н. В., Горелов В. П. Гидробиологические и гидрохимические характеристики водоразлищ Волго-Донского канала: динамика и структурно-функциональные особенности // Состояние, охрана, воспроизводство и устойчивое использование биоресурсов внутренних водоемов: 55-лет ВО ГосНИОРХ. Волгоград, 2007. С. 130–136.

## References

  - Trusov V. Z. Ikhtiofauna vodokhranilishch Volgo-Donskogo kanala im. V. I. Lenina i biologicheskoe obosnovanie ee rekonstruktsii [Ichthyofauna of reservoirs of the Volga-Don Canal named after V. I. Lenin and the biological justification of its reconstruction]. *Izvestiya GosNIORKh*, 1969, vol. 65, pp. 11-32.
  - Gruzoperevozki v Volgo-Donskom basseine v 2024 godu uvelichilis' na 29 % – do 13,5 mln tonn [Cargo transportation in the Volga-Don basin increased by 29% in 2024, to 13.5 million tons.]. Available at: <https://portnews.ru/news/371296/> (accessed: 10.12.2024).
  - Lorenzen C. J., Jeffrey S. W. *Determination of chlorophyll in sea water*. Paris, UNESCO, 1980. 20 p.
  - Sigareva L. E. Spektrofotometricheskii metod opredelenii pigmentov fitoplanktona v smeshannom ekstrakte [Spectrophotometric method for the determination of phytoplankton pigments in a mixed extract]. *Metodicheskie voprosy izuchenia pervichnoi produktii planktona vnutrennikh vodoemov*. Saint Petersburg, Gidrometeoizdat, 1993. Pp. 75-84.
  - SCOR-UNESCO Working Group № 17. Determination of photosynthetic pigments in sea water. *Monographs on Oceanographic Methodology*. Paris, UNESCO, 1966. Pp. 9-18.
  - Kitaev S. P. *Osnovy limnologii dla gidrobiologov i ikhiologov* [Fundamentals of limnology for hydrobiologists and ichthyologists]. Petrozavodsk, Izd-vo KarNTs RAN, 2007. 395 p.
  - Rukovodstvo po metodam hidrobiologicheskogo analiza poverkhnostnykh vod i donnykh otlozhennii [Guidelines on methods of hydrobiological analysis of surface waters and bottom sediments]. Pod redaktsiei V. A. Abakumova. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1983. 240 p.
  - Lavrent'eva G. M., Bul'on V. V. Metodicheskie rekomendatsii po sboru i obrabotke materialov pri hidrobiologicheskikh issledovaniakh na presnovodnykh vodoemakh [Methodological recommendations for the collection and processing of materials in hydrobiological studies in freshwater reservoirs]. *Fitoplankton i ego produktii*. Leningrad, 1982. 32 p.
  - Metodika izucheniiia biogeotsenozov vnutrennikh vodoemov [Methodology for studying biogeocenoses of inland water bodies]. Moscow, Nauka Publ., 1975. 239 p.
  - Korneva L. G. Opyt ispol'zovaniia morfofunktional'noi klassifikatsii presnovodnykh vodoroslei dlja otsenki dinamiki i prostranstvennogo raspredelenii assotsiatsii fitoplanktona Rybinskogo vodokhranilishcha [The experience of using morphofunctional classification of freshwater algae to assess the dynamics and spatial distribution of phytoplankton associations in the Rybinsk reservoir]. *Iaroslavskii pedagogicheskii vestnik (Estestvennye nauki)*, 2012, vol. III, pp. 110-114.
  - Salazkin A. A., Ivanova M. B. Metodicheskie rekomendatsii po sboru i obrabotke materialov pri hidrobiologicheskikh issledovaniakh na presnovodnykh vodoemakh. *Zooplankton i ego produktii* [Methodological recommendations for the collection and processing of materials in hydrobiological studies in freshwater reservoirs. Zooplankton and its products]. Leningrad, Izd-vo GosNIORKh – ZIN, 1982. 33 p.
  - Salazkin A. A., Ogorodnikova V. A. *Metodicheskie rekomendatsii po sboru i obrabotke materialov pri hidrobiologicheskikh issledovaniakh na presnovodnykh vodoemakh. Zadachi i metody izucheniiia ispol'zovaniia kormovoii bazy ryb* [Methodological recommendations for the collection and processing of materials in hydrobiological studies in freshwater reservoirs. Tasks and methods of studying the use of fish food resources]. Leningrad, Izd-vo GosNIORKh – ZIN, 1984. 19 p.
  - Glamazda V. V. Sovremennoe sostoyanie zooplaktona Tsimlyanskogo vodokhranilishcha i ego produktii [The current state of zooplankton of the Tsimlyansk reservoir and its products]. *Sbornik nauchnykh trudov GosNIORKh*, 1982, iss. 184, pp. 30-34.
  - Miroshnichenko M. P., Lapitskii I. I., Kalinina S. G. Potentsial'naia ryboproduktivnost' Tsimlyanskogo vodokhranilishcha i puti ee realizatsii [Potential fish productivity of the Tsimlyansk reservoir and ways to implement it]. *Sbornik nauchnykh trudov GosNIORKh*, 1986, iss. 242, pp. 29-41.
  - Kutikova L. A. *Kolovratki fauny SSSR (Rotatoria). Podklass Eurotatoria (otriady Ploimida, Monimotrochida, Paedotrochida)* [The Kolovrot of the fauna of the USSR (Rotatoria). Eurotatoria Subclass (these are the genera Ploimida, Monimotrochida, Paedotrochida)]. Leningrad, Nauka Publ., 1970. 745 p.
  - Lazareva V. I., Sabitova R. Z. Zooplankton Tsimlyanskogo vodokhranilishcha i kanal Volga – Don [Zooplankton of the Tsimlyansk reservoir and the Volga-Don canal]. *Zoologicheskii zhurnal*, 2021, no. 4, pp. 1473-1486. DOI: 10.31857/S0044513421040115.
  - Lazareva V. I., Bolotov S. E. Analiz sosushchestvovaniia nedavnego vselentsa *Diaphanosoma orghidani* Negrea s aborigennym vidom *D. brachyurum* (Lievin) (Crustacea, Cladocera) v Rybinskom vodokhranilishche [Analysis of the coexistence of the recent inhabitant *Diaphanosoma orghidani* Negrea with the native species *D. brachyurum* (Lievin) (Crustacea, Cladocera) in the Rybinsk basin]. *Rossiiskii zhurnal biologicheskikh invazii*, 2013, vol. 6, no. 2, pp. 18-34.
  - Lazareva V. I. Rasselenie chuzherodnykh pontokaspiaiskikh vidov zooplanktona v vodokhranilishchakh Volgi i Kamy [Settlement of alien Ponto-Caspian zooplankton species in the Volga and Kama reservoirs]. *Rossiiskii zhurnal biologicheskikh invazii*, 2019, vol. 12, no. 3, pp. 29-52.
  - Zhikharev V. S., Gavrilko D. E., Shurganova G. V. Nakhodka tropicheskogo vida *Thermocyclops taihouensis* Harada, 1931 (Copepoda: Cyclopoida) v evropeiskoi chasti Rossii [The discovery of the tropical species *Thermocyclops taihouensis* Harada, 1931 (Copepoda: Cyclopoida) in the European part of Russia]. *Povelzhskii ekologicheskii zhurnal*, 2019, no. 2, pp. 264-270. DOI: 10.35885/1684-7318-2019-2-264-270.
  - Alekseev V. Confusing Invader: *Acanthocyclops americanus* (Copepoda: Cyclopoida) and Its Biological, Anthropogenic and Climate-Dependent Mechanisms of Pen-

- id Distribution in Eurasia. *Water*, 2021, vol. 13, no. 10, p. 1423. DOI: 10.3390/w13101423.
21. Connolly J., Watkins J., Hinckley Malloy E., Rudstam L., Reid J. New cyclopoid copepod (*Thermocyclops crassus*) reported in the Laurentian Great Lakes. *Journal of Great Lakes Research*, 2017, vol. 43, pp. 198-208. DOI: 10.1016/j.jglr.2017.03.020.
22. Pidgaiko M. L., Aleksandrov B. M., Ioffe Ts. I., Maksimova L. P., Petrov V. V., Savotova E. B., Salazkin A. A. Kratkaia biologo-produktionsnaiia kharakteristika vodoemov Severo-Zapada SSSR [Brief biological and productive characteristics of reservoirs in the North-West of the USSR]. *Izvestiia GosNIORKh*, 1968, vol. 67, pp. 205-228.
23. Alekin O. A. *Osnovy gidrokhimii* [Fundamentals of hydrochemistry]. Otvetstvennyi redaktor S. V. Bruevich. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1970. 443 p.
24. Smith V. H., Tilman G. D., Nekola J. C. Eutrophication: Impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*, 1999, vol. 100, pp. 179-196.
25. Shashulovskaya E. A., Mosiash S. A., Dalechina I. N. Mnogoletnie izmeneniiia osnovnykh pokazatelei troficheskogo sostoianiiia krunogogo ravninnogo vodokhranilishcha pod vliyaniem klimaticheskoi transformatsii i suktsessiionnykh protsessov [Long-term changes in the main indicators of the trophic state of a large lowland reservoir under the influence of climatic transformation and succession processes]. *Biologija vnutrennikh vod*, 2021, no. 6, p. 547. DOI: 10.31857/S0320965221060164.
26. Dvinskikh S. A. *Faktory formirovaniia i elementy khimicheskogo sostava poverkhnostnykh vod: uchebno-metodicheskoe posobie* [Factors of formation and elements of the chemical composition of surface waters: an educational and methodical manual]. Perm', Izd-vo Perm. gos. nats. issled. un-ta, 2020. 77 p.
27. Barabashin T. O., Korabina I. V., Pavlenko L. F., Skrypnik G. V., Korotkova L. I. Metodicheskoe obespechenie monitoringa zagrazneniiia vodnykh ob'ektov Azovo-Chernomorskogo basseina [Methodological support for monitoring water pollution in the Azov-Black Sea basin]. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniia*, 2018, vol. 1, no. 3-4, pp. 9-27.
28. Ermakova Y. S., Pavlenko L. F., Barabashin T. O., Borovkov A. B., Novikova T. M. Composition of Hydrocarbons in Lipid Fractions of Mass Species in the Phytoplankton of the Azov and Black Seas. *Oceanology*, 2020, vol. 60, no. 4, pp. 556-563.
29. Kalinina S. G., Kravtsova G. V., Mysh'iakova N. V. Sovremennoe sostoianie fitoplanktona vodorazdel'nykh vodokhranilishch Volgo-Donskogo sudokhodnogo kanala [The current state of phytoplankton in the watershed reservoirs of the Volga-Don Shipping Canal]. *Sostoianie, okhrana, vosprievodstvo i ustoychivoe ispol'zovanie bioresursov vnutrennikh vodoemov: 55-let VO GosNIORKh*. Volgograd, 2007. Pp. 130-136.
30. Mikheeva T. M. *Suktsessiia vidov v fitoplanktone: opredeliatushchie faktory* [Succession of species in phytoplankton: determining factors]. Minsk, Izd-vo BGU im. V. I. Lenina, 1983. 72 p.

Статья поступила в редакцию 20.03.2025; одобрена после рецензирования 23.05.2025; принята к публикации 16.06.2025  
The article was submitted 20.03.2025; approved after reviewing 23.05.2025; accepted for publication 16.06.2025

### Информация об авторах / Information about the authors

**Юлия Владимировна Баско** – начальник отдела гидробиологии; Средневолжский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»; basko\_yulia@volgograd.vniro.ru

**Ангелина Михайловна Попова** – младший специалист отдела гидробиологии; Средневолжский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»; l\_gela97@volgograd.vniro.ru

**Татьяна Борисовна Голоколенова** – специалист отдела гидробиологии; Средневолжский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»; lysak-alga@volgograd.vniro.ru

**Екатерина Владимировна Випхло** – старший специалист отдела гидробиологии; Средневолжский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»; viphloeka@volgograd.vniro.ru

**Julia V. Basko** – Head of the Department of Hydrobiology; Srednevolzhsky Branch of the Federal State Budgetary Institution of Science Russian Federal “Research Institute of Fisheries and Oceanography”; basko\_yulia@volgograd.vniro.ru

**Angelina M. Popova** – Junior Specialist of the Department of Hydrobiology; Srednevolzhsky Branch of the Federal State Budgetary Institution of Science Russian Federal “Research Institute of Fisheries and Oceanography”; l\_gela97@volgograd.vniro.ru

**Tatyana B. Golokolenova** – Specialist of the Department of Hydrobiology; Srednevolzhsky Branch of the Federal State Budgetary Institution of Science Russian Federal “Research Institute of Fisheries and Oceanography”; lysak-alga@volgograd.vniro.ru

**Ekaterina V. Viphlo** – Senior Specialist of the Department of Hydrobiology; Srednevolzhsky Branch of the Federal State Budgetary Institution of Science Russian Federal “Research Institute of Fisheries and Oceanography”; viphloeka@volgograd.vniro.ru

**Полина Александровна Кривцова** – младший специалист отдела гидробиологии; Средневолжский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»; krivcova@volgograd.vniro.ru

**Лариса Витальевна Ельцова** – кандидат биологических наук; заведующая лабораторией гидрохимии и токсикологии; Средневолжский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»; l.elcova@volgograd.vniro.ru

**Нина Васильевна Кучишкина** – ведущий специалист лаборатории гидрохимии и токсикологии; Средневолжский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»; n.kuchishkina@volgograd.vniro.ru

**Николай Владимирович Куценко** – заместитель руководителя филиала; Средневолжский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»; n.kutsenko@volgograd.vniro.ru

**Владимир Павлович Горелов** – старший специалист отдела гидробиологии; Средневолжский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»; vladimirgorelov@volgograd.vniro.ru

**Polina A. Krivtsova** – Junior Specialist of the Department of Hydrobiology; Srednevolzhsky Branch of the Federal State Budgetary Institution of Science Russian Federal “Research Institute of Fisheries and Oceanography”; krivcova@volgograd.vniro.ru

**Larisa V. Eltsova** – Candidate of Biological Sciences; Head of the Laboratory of Hydrochemistry and Toxicology; Srednevolzhsky Branch of the Federal State Budgetary Institution of Science Russian Federal “Research Institute of Fisheries and Oceanography”; l.elcova@volgograd.vniro.ru

**Nina V. Kuchishkina** – Leading Specialist of the Laboratory of Hydrochemistry and Toxicology; Srednevolzhsky Branch of the Federal State Budgetary Institution of Science Russian Federal “Research Institute of Fisheries and Oceanography”; n.kuchishkina@volgograd.vniro.ru

**Nikolay V. Kutsenko** – Deputy Head of Branch; Srednevolzhsky Branch of the Federal State Budgetary Institution of Science Russian Federal “Research Institute of Fisheries and Oceanography”; n.kutsenko@volgograd.vniro.ru

**Vladimir P. Gorelov** – Senior Specialist of the Department of Hydrobiology; Srednevolzhsky Branch of the Federal State Budgetary Institution of Science Russian Federal “Research Institute of Fisheries and Oceanography”; vladimirgorelov@volgograd.vniro.ru