

<sup>1,2</sup>В.З. Латыпова, <sup>1</sup>Н.Ю. Степанова, <sup>3</sup>Т.А. Кондратьева, <sup>1</sup>О.В. Никитин

<sup>1</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет, [step090660@yandex.ru](mailto:step090660@yandex.ru)

<sup>2</sup>Институт проблем экологии и недропользования АН РТ

<sup>3</sup>Управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды РТ

## МОНИТОРИНГ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В РАЙОНЕ ВОДНОГО УЧАСТКА ПОЛИГОНА «КАРБОН – ПОВОЛЖЬЕ»

В рамках создания паспорта водного участка полигона «Карбон – Поволжье» охарактеризовано гидрохимическое и гидробиологическое состояние поверхностных вод Куйбышевского водохранилища в акватории Саралинского участка ВКГПБЗ. Сезонная динамика основных показателей района исследования обнаруживает стабильное состояние гидрохимического режима на протяжении 2018–2023 гг. Вода в разные годы и сезоны характеризовалась превышением ПДК<sub>рх</sub> по азоту аммонийному и нитритному, а также по фосфору фосфатов. Сравнение гидрохимических и гидробиологических показателей воды методом непараметрической статистики по критерию Манна-Уитни показало значимое отличие по цветности, ионам азотной группы, фосфору фосфатов, а также численности и биомассе фитопланктона, численности коловраток Саралинского участка от открытых участков акватории Куйбышевского водохранилища. Анализ статистических характеристик развития фитопланктона на открытых участках водохранилища выявил, наряду с мезотрофным состоянием экосистем в целом, также протекание процессов эвтрофирования, вызывающих элементы экологического регресса. Трофический статус Саралинского водного участка оценен как мезотрофный и имеет тенденцию к дальнейшему эвтрофированию. Оценка инвариантного состояния водных экосистем по уровню развития зоопланктона показала наличие антропогенного напряжения с элементами экологического регресса, а по уровню развития зообентоса – элементы экологического регресса. По уровню развития олигохет инвариантное состояние оценивается как испытывающее антропогенное напряжение.

*Ключевые слова:* Куйбышевское водохранилище; полигон «Карбон – Поволжье»; поверхностные воды; качество воды по гидрохимическим и гидробиологическим показателям; мониторинг.

DOI: <https://doi.org/10.24852/2411-7374.2023.4.39.49>

### Введение

Карбоновый полигон – один или несколько участков земной поверхности, на территории которых реализуется комплекс мероприятий, направленных на контроль баланса климатически активных газов природных экосистем. В 2021 г. в перечень карбоновых полигонов Российской Федерации, участвующих в реализации пилотного проекта, был включен карбоновый полигон «Карбон – Поволжье» в Республике Татарстан при ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (КФУ) (Приказ ..., 2021) с водным участком в акватории Саралинского участка Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника (ВКГПБЗ).

Участок «Саралы» расположен на территории Лаишевского муниципального района Республики Татарстан, выдвинутого в Волжско-Камский плёс Куйбышевского водохранилища (КВ), в отдалении от крупных населенных пунктов (Ни-

китин и др., 2022). В рамках создания паспорта водного участка карбонового полигона стояла задача охарактеризовать экологическое состояние вод Куйбышевского водохранилища в районе Волжско-Камского плеса и акватории Саралинского участка ВКГПБЗ.

Целью работы явилась сравнительная характеристика гидрохимического и гидробиологического состояния поверхностных вод Куйбышевского водохранилища и водного участка полигона «Карбон – Поволжье» (участок «Саралы»).

### Материалы и методы исследования

Пробы поверхностной воды отбирали в мае, июле и октябре в течение 2018–2023 гг. на участках, не подверженных сильному антропогенному воздействию и максимально приближенных к Саралинскому участку ВКГПБЗ (Лаишево, Тенишево, Заовражные Каратаи – станции регулярного мониторинга поверхностных вод), а также в ак-

ватории Саралинского участка ВКГПБЗ в вегетационный период (ежемесячно с мая по октябрь).

Участки мониторинга располагаются в акватории Волжско-Камского плеса Куйбышевского водохранилища. Глубины в районе исследований варьируют от 3 до 16 м.

Карта-схема расположения станций мониторинга приведена на рисунке 1.

Химико-аналитические исследования поверхностных вод были выполнены по стандартным методикам и включали определение рН, жесткости, минерализации, содержания растворенного кислорода, кальция, магния, азота аммонийного, нитритного, нитратного, хлоридов, сульфатов, фосфора фосфатов, железа общего, алюминия.

Отбор и обработка гидробиологических проб осуществлялась в соответствии с методикой (Руководство ..., 1992). Трофический статус оценивали по трофическому индексу Милиуса ITS (Милиус и др., 1987). Оценку инвариантного состояния водных экосистем (РД 52.24.564–96, РД 52.24.620–2000) проводили по следующим показателям: мода модального интервала общей численности фитопланктона ( $M_{oc}$ ); мода модального интервала относительной численности доминирующего вида ( $M_{od}$ ); мода модального интервала общего числа видов ( $M_{ob}$ );  $\Pi_o$  – плотность

вариационного ряда ( $\Pi_o = w/k$ , где  $w$  – частота или доля того или иного интервала в сумме всех частот, %;  $k$  – величина интервала);  $\alpha_1$  – частота обнаружения высоких значений численности фитопланктона ( $\alpha_1 = n_j/n_j \cdot 100$ ; где  $n_j$  – число результатов анализа, в которых значения определяемого показателя выше наиболее часто встречаемого диапазона колебаний,  $n_j$  – общее число значений);  $\beta$  – кратность превышения общей численности над средней по наиболее часто встречаемым значениям ( $\beta = \text{высокое значение}/M_{oc}$ ); относительная численность коловраток в зоопланктоне,  $N_{rot}$ , %; общая численность зообентоса,  $N_{zb}$ , тыс. экз./м<sup>2</sup>; относительная численность олигохет в зообентосе,  $N_{ol}$ , %.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы Statistica 10.0.

### Результаты и их обсуждение

#### Гидрохимическая характеристика поверхностных вод

Динамика основных гидрохимических показателей в районе исследования приведена в таблице 1.

Величины рН воды колебались в интервале 7.8–8.4 единиц, достигая максимальных значений – 9.2 ед. в летний период в воде Саралинского участка, что может быть связано с массовым развитием фитопланктона.

Газовый режим характеризовался нормальным содержанием растворенного кислорода в поверхностном слое на протяжении всего периода наблюдения (9.1–13.3 мгО<sub>2</sub>/л), снижаясь в отдельные периоды до 7.0 мгО<sub>2</sub>/л.

В акватории Волжско-Камского плеса (станции 1–3) цветность воды колебалась незначительно (по медиане 42–49 градусов). Присутствием в воде Саралинского участка повышенного содержания железа и органических веществ обусловлены более высокие значения цветности – в среднем 94±36 градусов.

Минерализация вод водохранилища подвержена сезонным колебаниям, увеличиваясь от весны к осени. Из числа соединений биогенных элементов можно выделить азот аммонийный и нитритный, концентра-

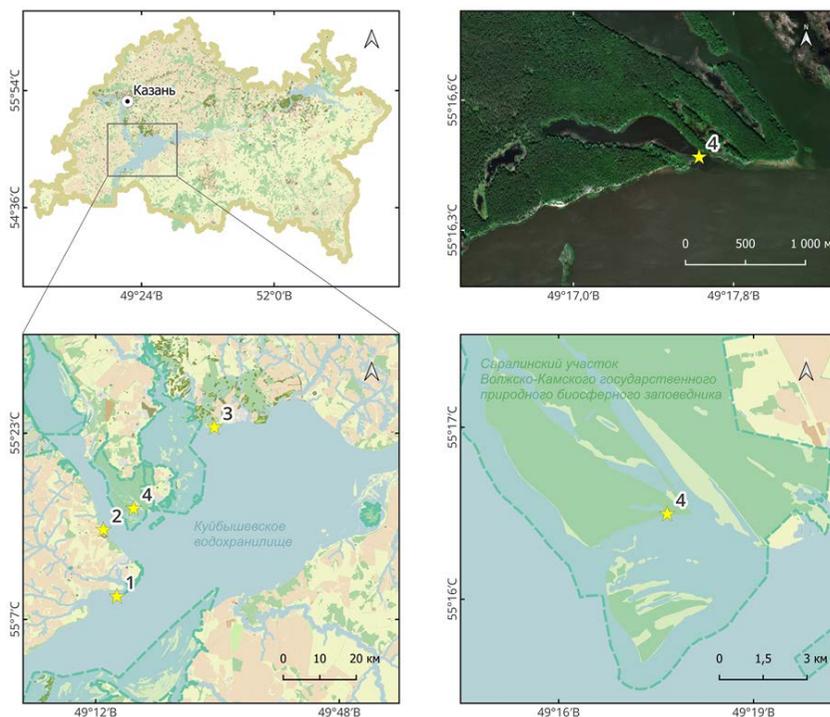


Рис. 1. Карта-схема отбора проб воды в Куйбышевском водохранилище:

1 – Заовражные Каратаи, 2 – Тенишево, 3 – Лаишево, 4 – Саралинский участок ВКГПБЗ

Fig. 1. Map of water sampling in the Kuibyshev reservoir: 1 – Zaovrazhnye Karatai, 2 – Tenishevo, 3 – Laishevo, 4 – Saralinsky section of the natural reserve

Таблица 1. Гидрохимические показатели качества воды на станциях мониторинга  
Table 1. Hydrochemical indicators of water quality at monitoring stations

Показатели Indexes	ПДК MPC	Заовражные Каратаи Zaovrazhnyye Karatai			Тенишево Tenishevo			Лайшево Laishevo			Саралы Saraly					
		М±δ	Мин	Макс	М±δ	Мин	Макс	М±δ	Мин	Макс	М±δ	Мин	Макс			
Цветность, град. Color, deg.	-	53±21	48	17	79	49	19	84	44±16	42	25	76	94±36	84	59	168
pH, ед. pH, un.	6,5-8,5	7,8±0,2	7,9	7,2	8,0	7,9	7,0	8,2	8,0±0,3	8,0	7,5	8,6	8,4±0,6	8,5	7,1	9,2
Раствор. кислород, мг/л Dissolved oxygen, mgO <sub>2</sub> /l	>6,0	9,2±1,4	9,3	7,0	12,0	9,1	7,3	10,5	9,3±0,9	9,5	7,8	10,6	13,3±2,1	12,9	11,2	16,3
Жесткость, мг-экв./л Hardness, mEq/l	-	2,7±0,9	3,0	1,2	3,7	3,1	1,2	4,1	2,8±0,8	3,0	1,2	3,8	3,4±0,7	3,5	2,4	4,6
Кальций, мг/л Calcium, mg/l	180	39,8±12,7	42,1	17,3	57,9	44,9	17,7	52,9	40,8±13,5	46,4	11,9	54,5	49,8±8,8	51,7	34,8	63,7
Магний, мг/л Magnesium, mg/l	40	9,5±4,7	9,7	1,4	17,3	10,7	3,9	17,5	9,2±3,8	9,7	4,2	16,4	11,5±3,6	12,2	5,6	17,0
Хлориды, мг/л Chlorides, mg/l	300	12,5±3,3	11,3	7,4	18,0	10,2	8,0	18,3	32,9±10,2	31,2	19,2	52,4	32,7±16,8	24,1	17,5	70,9
Сульфаты, мг/л Sulfates, mg/l	100	47,0±15,2	47,6	18,9	76,2	47,9	33,3	71,4	59,0±17,5	60,0	28,3	95,2	45,1±22,6	41,0	10,9	89,2
Минерализация, мг/л Mineralization, mg/l	-	237±45	240	153	298	239	173	335	259±48	268	156	339	273±48	286	200	339
Азот нитратов, мг/л Nitrate nitrogen, mgN/l	9,0	0,30±0,25	0,25	0,02	0,80	0,28	0,00	0,94	0,19±0,14	0,21	0,01	0,38	0,31±0,14	0,31	0,13	0,55
Азот нитритов, мг/л Nitrite nitrogen, mgN/l	0,02	0,02±0,02	0,02	0,00	0,10	0,01	0,00	0,03	0,01±0,00	0,01	0,00	0,01	0,02±0,02	0,02	0,004	0,08
Азот аммонийный, мг/л Ammonium nitrogen, mgN/l	0,4	0,28±0,22	0,22	0,05	0,79	0,23	0,05	0,46	0,25±0,38	0,14	0,02	1,47	0,45±0,27	0,48	0,04	0,94
Фосфаты, мг/л Phosphates, mg/l	0,15	0,06±0,02	0,05	0,03	0,10	0,05	0,03	0,1	0,02±0,02	0,02	0	0,05	0,09±0,08	0,08	0,01	0,44
Алюминий, мг/л Aluminum, mg/l	0,04	0,07±0,10	0,04	0,00	0,37	0,03	0,00	0,17	0,06±0,09	0,03	0,00	0,35	0,03±0,02	0,02	0,00	0,07
Железо общ., мг/л Iron, mg/l	0,1	0,08±0,11	0,03	0,00	0,31	0,02	0,00	0,27	0,06±0,12	0,03	0,00	0,45	0,09±0,06	0,08	0,04	0,21

ция которых в отдельных случаях превышала ПДК в весенний период на всех исследованных участках, что связано с выносом азотсодержащих соединений с поверхностным стоком, а также фосфора фосфатов, концентрация которого осенью (октябрь) была выше ПДК для мезотрофных водоемов в результате снижения интенсивности биохимических процессов на фоне понижения температуры воды (табл. 1).

Качество воды на Саралинском участке водохранилища формируется в большей степени под влиянием камских вод. Сравнение гидрохимических показателей воды Саралинского участка с показателями других станций показало значимые ( $p < 0.05$ ) отличия по показателям цветности, ионам азотной группы, фосфору фосфатов.

*Характеристика фитопланктонного сообщества.* За период наблюдений в составе фитопланктона исследуемых участков водохранилища было выявлено 117 таксонов водорослей, относящихся к 7 отделам (табл. 2). Наибольшее разнообразие таксонов водорослей выявлено на станции Саралы, Тенишево, наименьшее – Заовражные Каратаи.

Наибольшее разнообразие водорослей отмечалось в весенний период, когда в планктоне водохранилища присутствовали водоросли практически из всех отделов. Летом в фитопланктоне, наряду с массовым развитием синезеленых водорослей, вызывающих «цветение» воды, продолжали развиваться диатомовые и зеленые водоросли. В отдельные годы развитие синезеленых водорослей продолжалось и в осенний период.

В период пика численности фитопланктона (рис. 2) преобладали синезеленые *Planktolyngbya limnetica* (Lemm.) Kom.-Legn. et Cronb и диатомовые *Aulacoseira italica* (Ehr.) Kiitz., *Stephanodiscus hantzschii* Grun. Численность и биомасса фитопланктона достигали максимальных значений в

летний период, минимальных – весной или осенью (табл. 3).

Весной в фитопланктоне водохранилища по численности доминировали синезеленые, субдоминантами были диатомовые водоросли, и лишь незначительную долю составляли зеленые водоросли. Летом и осенью в планктоне повсеместно доминировали синезеленые водоросли, составляя до 88% общей численности фитопланктона. В последние годы наблюдается тенденция увеличения количественных показателей фитопланктона в осенний период (рис. 2), что связано с изменением климатических условий, в частности потеплением климата и сдвигом календарного лета в сторону осени. Также прослеживается общая тенденция увеличения численности и биомассы фитопланктона за последние годы (рис. 2), что связано с увеличением антропогенной нагрузки на водохранилище, а также климатическими и гидрологическими факторами.

Основу биомассы фитопланктона в течении всего сезона и особенно весной составляли диатомовые водоросли. Летом и осенью, помимо диатомовых, значительный вклад в образование биомассы фитопланктона вносили синезеленые и зеленые водоросли.

Гидрологические особенности определяют различия в составе и количественных характеристиках фитопланктона на открытых участках водохранилища. На участке обширного открытого мелководья с глубинами до 4 м в районе станции Лаишево отмечались максимальные значения численности и биомассы водорослей (табл. 3).

В русловой части р. Волга, в районе станции Тенишево глубина достигает 16 м. Для данного участка характерны минимальные значения численности и биомассы водорослей (табл. 3). За период наблюдений численность фитопланктона здесь изменялась от 0.05 до 12.65 млн.кл/л, био-

Таблица 2. Число таксонов водорослей по станциям мониторинга  
Table 2. Number of algae taxa by monitoring stations

Отделы водорослей Algae taxa	Заовражные Каратаи Zaovrazhnye Karatai	Тенишево Tenishevo	Лаишево Laishevo	Саралы Saraly
Цианопрокариота	8	9	8	15
Bacillariophyta	25	34	29	37
Chlorophyta	21	24	24	42
Cryptophyta	1	2	1	4
Euglenophyta	5	5	5	11
Dinophyta	1	1	1	3
Chrysophyta	4	5	2	5
Всего / Total	65	80	70	117

масса – от 0.11 до 3.89 мг/л. Минимальные их значения были отмечены весной, максимальные – летом.

На участке у станции Заовражные Каратаи с глубинами до 3 м, численность фитопланктона варьировала от 0.23 до 22.82 млн.кл/л, биомасса – от 0.18 до 4.72 мг/л. В течение всего сезона на этом участке по численности доминировали синезеленые водоросли, достигая максимума развития осенью.

Таким образом, открытые участки водохранилища по уровню развития фитопланктона и трофическому индексу Милиуса (табл. 3) относились к мезотрофному типу. Однако, в многолетнем аспекте количественные показатели значительно варьировали и достигали максимальных значений в 2019 и 2021 годах, что указывает на увеличение в эти годы трофности водоема.

Выявленные на открытых участках Куйбышевского водохранилища тенденции развития фитопланктона характерны и для других водохранилищ Волжского бассейна (Охапкин и др., 2013).

На участке в акватории Саралинского участка ВКГПБЗ состав и количественные характеристики фитопланктона, как и следовало ожидать, достоверно отличались от открытых участков водохранилища (критерий Манна-Уитни,  $p < 0.05$ ). Здесь было обнаружено 117 таксонов водорослей из 7 отделов: синезеленые – 15, диатомовые – 37, зеленые – 42, эвгленовые – 11, золотистые – 5, криптофитовые – 4, динофитовые – 3. Больше всего таксонов обнаружено в осенний период (92), летом меньше – (82). Осенью в планктоне увеличивается доля диатомовых, зеленых и эвгленовых водорослей. Проведенный корреляционный анализ (критерий Спирмена,  $p < 0.05$ ) показал умеренную положительную зависимость ( $r = 0.44$ ) числа видов диатомовых водорослей от цветно-

сти воды, которая на Саралинском участке имеет более высокие значения в течении всего сезона и особенно осенью.

Летом в планктоне доминировали зеленые и синезеленые водоросли, на долю которых приходилось 42 и 34 % общей численности, которая в целом достигла 192.58 млн.кл./л, биомасса фитопланктона составила 65.41 мг/л. Высокие значения биомассы определялись развитием диатомовых водорослей (81.5%) и, в частности, *St. hantzschii* (60.3%). Значения индекса трофности по Милиусу – составили 66.3, что соответствует эвтрофному состоянию.

На основании статистических характеристик фитопланктона (табл. 4) можно отметить, что, в водной экосистеме открытых участков Куйбышевского водохранилища присутствуют процессы, связанные с высоким уровнем эвтрофирования с элементами экологического регресса.

Трофический статус Саралинского водного участка ВКГПБЗ, оцененный как эвтрофный, имеет тенденцию к дальнейшему эвтрофированию.

В целом развитие фитопланктона обуславливается целым комплексом факторов, таких как температура, уровеньный режим, содержание биогенных и минеральных веществ и др. Выявленная корреляционная зависимость численности фитопланктона исследованных участков от температуры воды ( $r = 0.50$ ) была отмечена ранее для фитопланктона Мешинского залива Куйбышевского водохранилища (Любина, Гречухина, 2022).

В условиях изменения (потепления) климата в современную эпоху, вызванного, как считается, преимущественным увеличением содержания диоксида углерода антропогенного происхождения в атмосферном воздухе (Meleshko et al., 2010), фитопланктон пресноводных экосистем может рассматриваться как поглотитель  $CO_2$  и перспек-

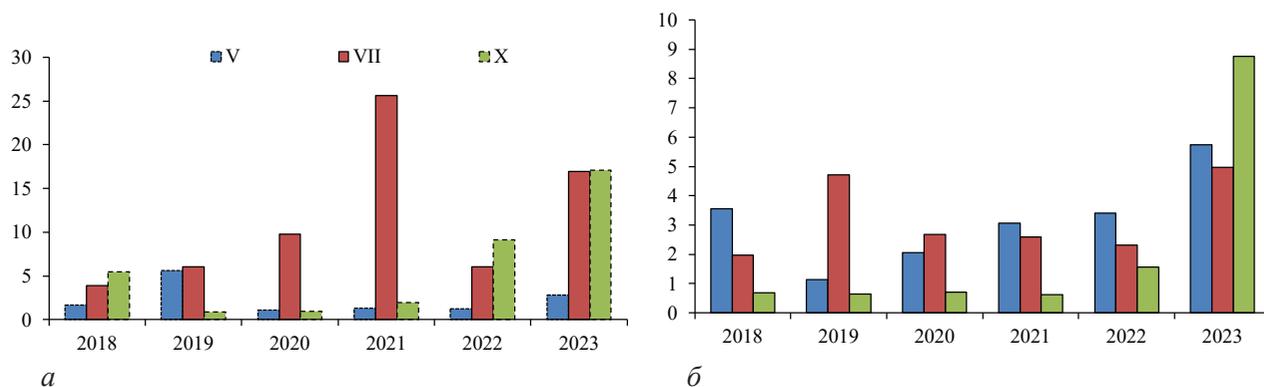


Рис. 2. Годовая динамика численности (а) (млн.кл./л) и биомассы (б) (мг/л) фитопланктона в основные сезоны

Fig. 2. Annual dynamics of number (a) (million cells/l) and biomass (b) (mg/l) of phytoplankton in the main seasons

Таблица 3. Показатели численности, биомассы фитопланктона и значения коэффициента трофии (ITS)  
Table 3. Indexes of phytoplankton number, biomass and trophy coefficient (ITS)

Станции мониторинга Monitoring stations	Весна Spring	Лето Summer	Осень Autumn	В среднем за сезон Mean in season	ITS
Тенишево Tenishevo	$\frac{2.26 \pm 1.35}{1.58 \pm 0.63}$	$\frac{4.77 \pm 1.98}{1.95 \pm 0.69}$	$\frac{1.14 \pm 0.57}{1.17 \pm 0.42}$	$\frac{2.72 \pm 0.86}{1.57 \pm 0.33}$	45.99 ± 3.22
Заовражные Каратаи Zaovrazhnyye Karatai	$\frac{2.29 \pm 1.54}{2.45 \pm 0.88}$	$\frac{4.73 \pm 2.05}{1.54 \pm 0.59}$	$\frac{6.86 \pm 4.04}{0.62 \pm 0.18}$	$\frac{5.15 \pm 1.65}{1.58 \pm 0.38}$	46.13 ± 3.04
Лаишево Laishevo	$\frac{2.04 \pm 0.77}{3.91 \pm 1.72}$	$\frac{19.68 \pm 10.75}{4.94 \pm 0.81}$	$\frac{3.06 \pm 1.58}{0.73 \pm 0.18}$	$\frac{8.26 \pm 3.99}{3.19 \pm 0.76}$	52.35 ± 3.52
Среднее по открытым участкам Average for open areas	$\frac{2.19 \pm 0.67}{2.64 \pm 0.68}$	$\frac{10.26 \pm 3.90}{2.86 \pm 0.64}$	$\frac{3.68 \pm 1.49}{0.84 \pm 0.16}$	$\frac{5.20 \pm 1.47}{2.10 \pm 0.32}$	48.16 ± 1.89
Саралы Saraly	$\frac{3.69 \pm 1.01}{7.49 \pm 2.27}$	$\frac{49.82 \pm 21.36}{16.42 \pm 7.50}$	$\frac{17.09 \pm 3.59}{8.76 \pm 1.70}$	$\frac{29.36 \pm 10.29}{11.95 \pm 3.43}$	66.34 ± 1.80

Примечание: числитель – численность (млн. кл./л), знаменатель – биомасса (мг/л), M±m  
Note: numerator – number (million cells/l), denominator – biomass (mg/l), M±m

тивный секвестрирующий компонент экосистемы (Yamasaki, 2003; Iasimone et al., 2017).

Для фитопланктона Саралинского участка характерны высокие количественные показатели в летний период, которые определяются развитием в основном синезеленых водорослей, вызывая «цветение» воды. Тенденции годовой динамики развития фитопланктона, состоящие в сохранении высоких показателей до поздней осени и зависящие от климатических характеристик, характерны и для других водохранилищ Волжского

бассейна (Gorokhova, 2018; Korneva, Solovieva, 2021). Расчеты показали, что для фитопланктона рассмотренной протоки Куйбушевского водохранилища с максимальной биомассой ассимиляция CO<sub>2</sub> может составить 130 г CO<sub>2</sub>/м<sup>3</sup>. При увеличении трофности водоема его потенциал к секвестированию CO<sub>2</sub> увеличивается.

*Характеристика зоопланктонного сообщества*

На исследованных участках водохранилища в составе зоопланктона было выявлено 60 видов, из

Таблица 4. Статистические характеристики развития фитопланктона  
Table 4. Statistical characteristics of phytoplankton development

Станции мониторинга Monitoring stations	Модальный интервал (N/Q)* Modal interval (N/Q)	Статистические характеристики развития фитопланктона Statistical characteristics of phytoplankton						Степень загрязненности Degree of pollution	Эффект антропогенного воздействия Effect of anthropogenic impact
		M <sub>оч</sub>	M <sub>чв</sub>	M <sub>од</sub>	β	α	Π		
Тенишево Tenishevo	$\frac{0.07-7.50}{7-12}$	0.67	12	23	57	42	37	Высокая эвтрофирующая	Элементы экологического регресса
Заовражные Каратаи Zaovrazhnyye Karatai	$\frac{0.23-5.05}{4-8}$	1.59	13	50	24	45	17	Высокая эвтрофирующая	Элементы экологического регресса
Лаишево Laishevo	$\frac{0.13-1.88}{6-10}$	0.84	12	18	13	44	44	Высокая эвтрофирующая	Антропогенное напряжение с элементами экологического регресса
Саралы Saraly	$\frac{10.15-22.33}{31-40}$	19.83	36	29	10	70	3	Высокая эвтрофирующая	Антропогенное эвтрофирование

\* N – численность, млн. кл./л; Q – число видов.  
N – number, million cells/l; Q – number of species.

Таблица 5. Количество видов зоопланктона по станциям  
Table 5. Number of zooplankton species by station

Систематическая группа Systematic group	Заовражные Каратаи Zaovrazhnye Karatai	Тенишево Tenishevo	Лаишево Laishevo	Саралы Saraly
Rotifera	22	17	19	18
Cladocera	14	12	9	11
Copepoda	11	12	8	6
Всего / Total	47	41	36	35

которых коловраток (Rotifera) – 29, ветвистоусых ракообразных (Cladocera) – 16 и веслоногих ракообразных (Copepoda) – 15.

Наибольшее видовое разнообразие зоопланктона отмечено в акватории станции Заовражные Каратаи, наименьшее – Лаишево и Саралы (табл. 5). На всех станциях периодически встречались представители понтокаспийской фауны – вселенцы *Heterocope caspia* Sars, 1893 и *H. appendiculata* Sars, 1863.

Количественные параметры развития зоопланктона варьировали в широких пределах (табл. 6). Так, численность изменялась от 0.01 до 635.2 тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса – от 0.04 до 6542.2 мг/м<sup>3</sup>. Максимальные ее значения численности отмечены на станции Заовражные Каратаи, минимальные – на станции Лаишево. Высокие значения биомассы, наоборот, отмечены на станции Лаишево, низкие – на станции Тенишево.

Развитие зоопланктона было обусловлено сезонными особенностями, что согласуется с проведенными ранее наблюдениями (Деревенская, 2020; Подшивалина, 2021). В весенний период в планктоне массово развивались коловратки, до-

стигая до 98% численности. В июле в планктоне начинают развиваться ракообразные – ветвистоусые и веслоногие. В этот период отмечаются максимальные значения их численности и биомассы, а также видового разнообразия. Осенью развитие зоопланктона затухает.

На Саралинском участке за период наблюдений в составе зоопланктона было отмечено 35 видов. Наибольшее видовое разнообразие наблюдалось в летний период (32 вида), наименьшее – осенью (2 вида). Доминирующий комплекс составляли *Keratella cochlearis* (Gosse, 1851), *Polyarthra dolychoptera* Idelson, 1952, виды р. *Brachionus*, *Asplanchna priodonta* Gosse, 1850, *Mesocyclops leukarti* (Claus, 1857). Количественные показатели зоопланктона максимальными были весной, минимальными – осенью (табл. 6). Основу зоопланктонного сообщества составляли коловратки, на долю которых приходилось весной и осенью 91 и 81% численности соответственно. В июне их доля составляла 64%. В августе в зоопланктоне преобладали веслоногие ракообразные (58% численности). Доля ветвистоусых ракообразных не велика в течение всего сезона (5.4–11.9%). Ранее

Таблица 6. Количественные показатели зоопланктона  
Table 6. Quantitative indexes of zooplankton

Показатели Indicators	Заовражные Каратаи Zaovrazhnye Karatai	Тенишево Tenishevo	Лаишево Laishevo	Саралы Saraly
Число видов Number of species	$\frac{4-22}{14}$	$\frac{3-21}{12}$	$\frac{2-22}{12}$	$\frac{2-22}{9}$
Численность, тыс. экз./м <sup>3</sup> Number, th. specimens/m <sup>3</sup>	$\frac{0.03-635.2}{87.5\pm 44.1}$	$\frac{0.05-158.9}{26.5\pm 11.1}$	$\frac{0.01-133.9}{18.7\pm 9.4}$	$\frac{0.22-262.0}{82.2\pm 21.9}$
Биомасса, мг/м <sup>3</sup> Biomass, mg/m <sup>3</sup>	$\frac{0.04-5401.10}{772.39\pm 382.41}$	$\frac{0.09-2501.11}{362.14\pm 176.25}$	$\frac{0.04-6542.21}{463.11\pm 434.29}$	$\frac{0.16-3147.80}{793.25\pm 263.21}$
$N_{rot}$ , %	1–95.3	0–98.2	0–90.7	15.3–98.6
$MI_{rot} / MR_{rot}$	1–20	0–28	1–19	73.4–98.6

Примечание: числитель – min-max, знаменатель –  $M\pm m$ ;  $N_{rot}$  – относительная численность коловраток,  $MI_{rot}$  – модальный интервал численности коловраток.

Note: numerator – min-max, denominator –  $M\pm m$ ;  $N_{rot}$  – relative abundance of rotifers;  $MR_{rot}$  – modal range of rotifer number

Таблица 7. Количественные показатели зообентоса  
Table 7. Quantitative indexes of zoobenthos

Показатели Indexes	Заовражные Каратаи Zaovrazhnye Karatai	Тенишево Tenishevo	Лаишево Laishevo	Саралы Saraly
Число видов на пробу Number of species for sample	8–22 15	6–26 18	4–17 10	7–19 10
Численность, тыс. экз./м <sup>2</sup> Number, th. specimens/m <sup>2</sup>	0.44–10.16 2.72±0.61***)	0.7–11.96 3.92±0.78	0.28–16.76 3.9±1.2	0.12–4.21 1.12±0.26
Биомасса, г/м <sup>2</sup> Biomass, g/m <sup>2</sup>	0.63–781.76 73.22±51.28	1.77–1043.54 188.66±73.26	0.31–605.76 53.17±39.84	0.77–43.13 9.88±2.58
МИ <sub>zb</sub>	0.44–2.54	0.7–3.68	0.28–2.92	0.12–1.12
N <sub>ol</sub> , %	3.2–72.5	4.7–76.8	0–57.1	0.43–27.7
МИ <sub>ol</sub> / MR <sub>ol</sub>	3.2–23.0	4.7–17.9	0–15	0.42–6.47

Примечание: числитель – min-max; знаменатель – M±m; МИ<sub>zb</sub> – модальный интервал численности N<sub>ol</sub> – относительная численность олигохет, МИ<sub>ol</sub> – модальный интервал численности олигохет.

Note: numerator – min-max; denominator – M±m; N<sub>ol</sub> – relative abundance of oligochaetes MR<sub>ol</sub> – modal range of oligochaetes number

для зоопланктона Саралинского участка указывалось от 43 (Мухортова и др., 2019) до 47 видов (Гвоздарева, Мельникова, 2022), при этом отмечалась доминирующая роль ракообразных, в частности род *Bosmina*. Доминирование коловраток может объясняться гидрологическими особенностями Саралинского участка: мелководностью и отсутствием течения, что в целом способствует их развитию.

По модальному интервалу численности коловраток (табл. 6) инвариантное состояние экосистем исследуемых участков Куйбышевского водохранилища можно охарактеризовать как антропогенное напряжение с элементами экологического регресса. На Саралинском участке отмечается экологический регресс планктонных сообществ.

#### Характеристика бентосных сообществ

В составе зообентоса изученных участков Куйбышевского водохранилища за период наблюдений был обнаружен 101 вид беспозвоночных из 15 групп, в том числе Oligochaeta 14 видов, Polychaeta – 1, Hirudinea – 5, Mollusca – 26, Crustacea – 7, Hydracarina, Coleoptera, Hemiptera, Trichoptera, Odonata – по 1 виду, Ephemeroptera – 2 вида, Chironomidae – 36 видов, прочие Diptera – 5.

Наибольшее видовое разнообразие зарегистрировано на станции Тенишево – 71, на станции Заовражные Каратаи отмечено 60 и Лаишево – 44 вида. Различия в видовом разнообразии исследованных участков акватории объясняются особенностями слагающих их отложений. Так, на станции Тенишево донные отложения представлены заиленными песками, в Заовражных Каратаях встречаются включения растительных остатков. Для станции Лаишево характерны гли-

нистые илы, что определяет здесь низкое видовое разнообразие зообентоса (табл. 7).

Основу численности зообентоса составляют моллюски и личинки хирономид (31%), на долю олигохет приходилось 23%, на долю ракообразных – 10%. Наименьшие значения численности зообентоса были зарегистрированы весной на станции Лаишево, максимальные там же, но в летний период. Биомасса зообентоса на 97% определялась развитием моллюсков.

Можно отметить, что характеристика бентосного сообщества исследованных участков Куйбышевского водохранилища по видовому разнообразию и структуре не противоречит литературным данным (Степанова и др., 2009; Kondrateva, Stepanova, 2019).

На Саралинском участке выявлено 52 таксона из 9 систематических групп: Oligochaeta – 4, Mollusca – 8, Crustacea – 6, Hydracarina – 1, Ephemeroptera – 2, Trichoptera – 1, Diptera – 30, в том числе Chironomidae – 26, Ceratopogonidae – 1, Diptera sp. – 2. В бентосном сообществе преобладают личинки хирономид *Polypedilum (Polypedilum) nubeculosum (Meigen 1804)*, *Glyptotendipes (Gl.) glaucus (Meigen, 1818)*, *Cryptochironomus (Cr.) defectus (Kieffer 1913)*, *Chironomus sp.*) и ракообразные *Dikerogammarus haemobaphes (Eichwald, 1848)*, *Pontogammaru sp.*, *Paramysus sp.* и *Corophium curvispinum Sars, 1895*. По сравнению с остальными участками водохранилища количественные показатели развития зообентоса можно оценить как низкие (табл. 7). Максимальный вклад в общую численность (71.9%) вносят двукрылые (личинки хирономид).

Инвариантное состояние экосистемы Куйбышевского водохранилища в пределах изученной

части акватории по численности зообентоса оценивается как имеющие элементы экологического регресса. В то же время, по уровню развития олигохет (табл. 7) инвариантное состояние можно оценить как испытывающее антропогенное напряжение. Низкие значения численности зообентоса Саралинского участка, а также низкая доля развития олигохет в сообществе характеризуют фоновое состояние придонного сообщества.

### Заключение

Таким образом, гидрохимический режим вод исследованных участков Куйбышевского водохранилища находится в стабильном состоянии на протяжении последних шести лет (2018–2023). Превышения ПДК<sub>рх</sub> периодически отмечались по ионам аммония и нитритов в весенний период, а также по фосфору фосфатов в осенний период. По уровню развития фитопланктона район исследования относится к мезотрофному типу; с использованием статистических характеристик выявлены процессы, связанные с высоким эвтрофированием, которые вызывают элементы экологического регресса.

Оценка инвариантного состояния экосистем Куйбышевского водохранилища на участках мониторинга, расположенных в акватории Волжско-Камского плеса, по уровню развития коловраток в сообществе зоопланктона показала, что наличие в них антропогенного напряжения с элементами экологического регресса. Инвариантное состояние с учетом развития зообентоса также указывает на элементы экологического регресса, а по уровню развития олигохет – на антропогенное напряжение.

Инвариантное состояние водных экосистем Саралинского участка водохранилища по показателям фитопланктона характеризуется антропогенным эвтрофированием, по зоопланктону – экологическим регрессом, по зообентосу – фоновым состоянием придонного сообщества.

*Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету, для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности, проект № FZSM-2022-0003.*

### Список литературы

1. Гвоздарева М.А., Мельникова А.В. Количественные показатели зоопланктона и зообентоса акватории Саралинского участка Волжско-Камского заповедника // Экология родного края: проблемы и пути их решения / Материалы XVII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Киров: ВятГУ, 2022. Кн. 2. С. 274–279.

2. Горохова О.Г. Биомасса водорослей и содержание хлорофилла «а» в планктоне рек бассейна Куйбышевского, Саратовского и Волгоградского водохранилищ // Известия Самарского научного центра РАН. 2018. Т. 20, № 5(3). С. 358–363.

3. Деревенская О.В. Зоопланктон Куйбышевского водохранилища (по результатам исследований 2020 года) // Труды V Всероссийской научной конференции «Волга 2020». Нижний Новгород: Изд-во ВГУВТ, 2020. Вып. 3. С. 1–5.

4. Куйбышевское водохранилище. Л.: Наука, 1983. 214 с.

5. Любина О.С., Гречухина Л.Г. Сезонная динамика фитопланктона в Мешинском заливе Куйбышевского водохранилища // Российский журнал прикладной экологии. 2022. №1. С. 31–38. <https://doi.org/10.24852/2411-7374.2022.1.31.38>

6. Милиус А.Ю., Линдпере А.В., Стараст Х.А. Статистическая модель трофического состояния малых светловодных озер // Водные ресурсы. 1987. №3. С. 63–66.

7. Мухортова О.В., Унковская Е.Н., Сабитова Р.З. Некоторые данные о зоопланктоне Саралинского участка Волжско-Камского заповедника (акватория Куйбышевского водохранилища) // Экологический сборник 7. Актуальные проблемы Волжского бассейна / Труды Всероссийской (с международным участием) молодежной научной конференции. Тольятти: Изд-во ИЭВБ РАН «Анна», 2019. С. 329–332. doi: 10.24411/9999-010A-2019-10083.

8. Никитин О.В., Латыпова В.З., Степанова Н.Ю., Ашихмина Т.Я. Водный участок карбонового полигона «Карбон – Поволжье» в Республике Татарстан // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем / Материалы докладов XX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Киров: Изд-во ВятГУ, 2022. С. 28–33.

9. Охапкин А.Г., Шарагина Е.М., Бондарев О.А. Фитопланктон Чебоксарского водохранилища на современном этапе его существования // Поволжский экологический журнал. 2013. №2. С. 190–199.

10. Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 08.09.2021 №845 «О внесении изменений в приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 5.02.2021 г. №74 «О полигонах для разработки и испытаний технологий контроля углеродного баланса»».

11. Подшивалина В.Н. Особенности распределения зоопланктона в зоне влияния притоков водохранилищ Средней Волги // Биология внутренних вод. 2021. №5. С. 472–480. doi: 10.31857/S0320965221050156.

12. РД 52.24.564-96. Метод оценки загрязненности пресноводных экосистем по показателям развития фитопланктонных сообществ.

13. РД 52.24.620-2000. Организация и функционирование подсистемы мониторинга антропогенного эвтрофирования пресноводных экосистем.

14. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб: Гидрометеоздат, 1992. 318 с.

15. Степанова Н.Ю., Кондратьева Т.А., Латыпова В.З. Некоторые особенности функционирования донных сообществ верхних плесов Куйбышевского водохранилища // Вестник РУДН. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. 2009. №4. С. 22–27.

16. Iasimone F., De Felice V., Panico A., Pirozzi F. Experimental study for the reduction of CO<sub>2</sub> emissions in wastewater treatment plant using microalgal cultivation // Journal of CO<sub>2</sub> utilization. 2017. Vol. 22. P. 1–8. <https://doi.org/10.1252/jcej.36.361>

17. Korneva L.G., Solovieva V.V. Dynamics of multifunctional groups of phytoplankton in the Rybinsk Reservoir and evaluation of its waters by the community index // Journal of water resources. 2021. Vol. 48, №1. P. 65–72. doi: 10.1134/S0097807821010206.

18. Kondrateva T. A., Stepanova N. Yu. Assessment of an ecological state of the Kuibyshev reservoir based on zoobenthos indicators // IOP Conference series: earth and environmental science. 2019. Vol. 288. 012053. doi: 10.1088/1755-1315/288/1/012053.

19. Meleshko V.P., Kattsov V.M., Karol I.L. Dangerous temptation. Climate impact in the fight against global warming // Journal ecology and life. 2010. №10. P. 44–51.

20. Yamasaki A. An overview of CO<sub>2</sub> mitigation options for global warming-emphasizing CO<sub>2</sub> sequestration options // Journal of chemical engineering of Japan. 2003. Vol. 36. P. 361–375. <https://doi.org/10.1252/jcej.36.361>.

## References

1. Gvozdareva M.A., Mel'nikova A.V. Kolichestvennye pokazateli zooplanktona i zoobentosa akvatorii Saralinskogo uchastka Volzhsko-Kamskogo zapovednika [Quantitative indicators of zooplankton and zoobenthos in the water area of the Saralinsky section of the Volga-Kama Nature Reserve] // Ekologiya rodnogo kraja: problemy i puti ih resheniya. Kirov, 2022. Book 2. P. 274–279.

2. Gorokhova O.G. Biomass of phytoplankton and content of chlorophyll «a» in the rivers of the basin of the Kuibyshevskoe, Saratovskoe and Volgogradskoe reservoirs // Izvestiya of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2018. Vol. 20, No 5(3). P. 358–363.

3. Derevenskaya O.V. Zooplankton Kujbyshevskogo vodohranilishcha (po rezul'tatam issledovaniy 2020 goda) [Zooplankton of the Kuibyshev Reservoir (based on research results in 2020)] // Trudy V Vseros. nauchnoj konferencii «Volga 2020». Nizhniy Novgorod, 2020. Iss. 3. P. 1–5.

4. Kujbyshevskoe vodohranilishche [Kuibyshev reservoir] Leningrad: Nauka, 1983. 214 p.

5. Lyubina O.S., Grechuhina L.G. Sezonnaya dinamika fitoplanktona v Meshinskom zalive Kujbyshevskogo vodohranilishcha [Seasonal dynamics of phytoplankton in the Mesha Bay of the Kuibyshev Reservoir] // Rossijskij zhurnal prikladnoj ekologii [Russian journal of applied ecology]. 2022. No 1. P. 31–38. <https://doi.org/10.24852/2411-7374.2022.1.31.38>.

6. Milius A.Yu., Lindpere A.V., Starast H.A. Statisticheskaya model' troficheskogo sostoyaniya malyh svetlovodnyh ozer [Statistical model of the trophic state of small light-water lakes] // Vodnye resursy [Water Resources]. 1987. No 3. P. 63–66.

7. Muhortova O.V., Unkovskaya E.N., Sabitova R.Z. Nekotorye dannye o zooplanktone Saralinskogo uchastka Volzhsko-Kamskogo zapovednika (akvatoriya Kujbyshevskogo vodohranilishcha) [Some data on the zooplankton of the Saralinsky section of the Volga-Kama Nature Reserve (water area of the Kuibyshev Reservoir)] // Ekologicheskij sbornik 7. Aktual'nye problemy Volzhskogo bassejna. Tol'yatti, 2019. P. 329–332.

8. Nikitin O.V., Latypova V.Z., Stepanova N.Yu., Ashihmina T.Ya. Vodnyj uchastok karbonovogo poligona «Karbon – Povolzh'e» v Respublike Tatarstan [Water section of the carbon polygon «Carbon - Volga region» in the Republic of Tatarstan] // Biodiagnostika sostoyaniya prirodnyh i prirodnotekhnogennyh sistem [Biodiagnostics of the state of natural and naturally-technogenic systems]. Kirov, 2022. P. 28–33.

9. Ohapkin A.G., Sharagina E.M., Bondarev O.A. Fito-plankton Cheboksarskogo vodohranilishcha na sovremennom

etape ego sushchestvovaniya [Phytoplankton of the Cheboksary Reservoir at the present stage of its existence] // Povolzhskij ekologicheskij zhurnal [Povolzhskiy journal of ecology]. 2013. No 2. P. 190–199.

10. Prikaz Ministerstva nauki i vysshego obrazovaniya Rossijskoj Federacii ot 08.09.2021 No 845. O vnesenii izmenenij v prikaz Ministerstva nauki i vysshego obrazovaniya Rossijskoj Federacii ot 5.02.2021 No 74 «O poligonah dlya razrabotki i ispytaniy tekhnologij kontrolya uglerodnogo balansa» [Order of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation dated 09.08.2021 No 845. On amendments to the order of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation dated 5.02.2021 No 74 «On testing sites for the development and testing of carbon balance control technologies»].

11. Podshivalina V.N. Osobennosti raspredeleniya zooplanktona v zone vliyaniya pritokov vodohranilishch Srednej Volgi [Features of the distribution of zooplankton in the zone of influence of the tributaries of the Middle Volga reservoirs] // Biologiya vnutrennih vod [Inland water biology]. 2021. No 5. P. 472–480.

12. RD 52.24.564–96. Metod ocenki zagryaznenosti presnovodnyh ekosistem po pokazatelyam razvitiya fitoplanktonnyh soobshchestv [A method for assessing the pollution of freshwater ecosystems based on indicators of the development of phytoplankton communities].

13. RD 52.24.620–2000. Organizatsiya i funkcionirovanie podsistemy monitoringa antropogennogo evtrofirovaniya presnovodnyh ekosistem [Organization and functioning of a subsystem for monitoring anthropogenic eutrophication of freshwater ecosystems].

14. Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnyh ekosistem [Guide to hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems] St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1992. 318 p.

15. Stepanova N.YU., Kondrat'eva T.A., Latypova V.Z. Nekotorye osobennosti funkcionirovaniya donnyh soobshchestv verhnih plesov Kujbyshevskogo vodohranilishcha [Some features of the functioning of bottom communities in the upper reaches of the Kuibyshev Reservoir] // Vestnik RUDN. Seriya «Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti» [Vestnik RUDN. Ser. Ecology and life safety]. 2009. No 4. P. 22–27.

16. Iasimone F., De Felice V., Panico A., Pirozzi F. Experimental study for the reduction of CO<sub>2</sub> emissions in wastewater treatment plant using microalgal cultivation // Journal of CO<sub>2</sub> utilization. 2017. Vol. 22. P. 1–8. <https://doi.org/10.1252/jcej.36.361>.

17. Korneva L.G., Solovieva V.V. Dynamics of multifunctional groups of phytoplankton in the Rybinsk Reservoir and evaluation of its waters by the community index // Journal of water resources. 2021. Vol. 48, No 1. P. 65–72. doi: 10.1134/S0097807821010206.

18. Kondrateva T. A., Stepanova N. Yu. Assessment of an ecological state of the Kuibyshev reservoir based on zoobenthos indicators // IOP Conference series: earth and environmental science. 2019. Vol. 288. 012053. doi: 10.1088/1755-1315/288/1/012053.

19. Meleshko V.P., Kattsov V.M., Karol I.L. Dangerous temptation. Climate impact in the fight against global warming // Journal ecology and life. 2010. No 10. P. 44–51.

20. Yamasaki A. An overview of CO<sub>2</sub> mitigation options for global warming-emphasizing CO<sub>2</sub> sequestration options // Journal of chemical engineering of Japan. 2003. Vol. 36. P. 361–375. <https://doi.org/10.1252/jcej.36.361>.

Latypova V.Z., Stepanova N.Yu., Kondratieva T.A., Nikitin O.V. **Monitoring of Kuibyshev reservoir surface water in the area of the «Carbon – Povolzhye» polygon water section.**

In a framework of the creation of a passport for the water section of the «Carbon-Povolzhye» polygon, we studied hydrochemical and hydrobiological status of the waters in the area of the Volga-Kama reach of the Kuibyshev reservoir in the water area of the Saralinsky section of the natural reserve. The seasonal dynamics of the main hydrochemical indicators of the study area revealed the stable status of the hydrochemical regime in 2018-2023. The water in those areas in different years and seasons was characterized by exceeding the maximum permissible concentration for ammonium and nitrite nitrogen, as well as for phosphorus and phosphates. Comparison of chemical and biological indicators of water using nonparametric statistics (the Mann-Whitney test for  $p < 0.05$ ) showed the significant difference in water color, ions of nitrogen group, phosphorus phosphates, as well as the number and biomass of phytoplankton, the number of rotifers in the Saralinsky area from similar ones at monitoring stations of open areas of the Kuibyshev water reservoir. An analysis of the statistical characteristics of phytoplankton in open areas of the water

reservoir revealed the mesotrophic status of ecosystems as a whole, and processes of eutrophication that cause elements of ecological regression. Indicators of quantitative development of phytoplankton in those areas were determined by the hydrological features of the study areas. Statistical analysis of the phytoplankton data revealed the mesotrophic status of ecosystems as a whole, also along with the occurrence of eutrophication processes that caused elements of ecological regression. Indicators of quantitative development of phytoplankton were determined by the hydrological features of the study areas. The trophic status of the section of the Saralinsky area was assessed as mesotrophic with trend to further eutrophication depending on climatic characteristics. An assessment of the invariant status of the ecosystems based on the level of development in the zooplankton community showed the presence of anthropogenic stress in the ecosystem with elements of ecological regression, and according the development of zoobenthos - elements of ecological regression. The invariant status was assessed as anthropogenic stress by the level of development of oligochaetes.

*Keywords:* Kuibyshev reservoir; Carbon – Povolzhye polygon; surface waters; hydrochemistry; hydrobiology, monitoring.

Раскрытие информации о конфликте интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов / Disclosure of conflict of interest information: The author claims no conflict of interest

#### Информация о статье / Information about the article

Поступила в редакцию / Entered the editorial office: 17.10.2023

Одобрено рецензентами / Approved by reviewers: 02.11.2023

Принята к публикации / Accepted for publication: 21.11.2023

#### Сведения об авторах

Латыпова Венера Зиннатовна, доктор химических наук, профессор, член-корреспондент АН РТ, профессор, Казанский (Приволжский) федеральный университет, 420008, Россия, г. Казань, ул. Кремлевская, 18; ведущий научный сотрудник, Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, 420087, г. Казань, ул. Даурская, 28, E-mail: ecoanrt@yandex.ru.

Надежда Юльевна Степанова, доктор биологических наук, профессор, профессор, Казанский (Приволжский) федеральный университет, 420008, Россия, г. Казань, ул. Кремлевская, 18, E-mail: step090660@yandex.ru.

Кондратьева Татьяна Анатольевна, кандидат биологических наук, гидробиолог, Управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Республики Татарстан, 420021, Россия, г. Казань, ул. Заводская, 3, E-mail: tatjana\_kondrate@mail.ru.

Никитин Олег Владимирович, кандидат географических наук, доцент, заведующий кафедрой, Казанский (Приволжский) федеральный университет», 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18, E-mail: oleg.nikitin@kpfu.ru.

#### Information about the authors

Venera Z. Latypova, D.Sci. in Chemistry, Professor, Corresponding Member of Tatarstan Academy of Sciences, Professor, Kazan Federal University, 18, Kremlyovskaya st., Kazan, 420008, Russia; Leading Researcher, Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 28, Daur'skaya st., Kazan, 420087, Russia, E-mail: ecoanrt@yandex.ru.

Nadezhda Yu. Stepanova, D.Sci. in Biology, Professor, Professor, Kazan (Volga Region) Federal University, 18, Kremlyovskaya st., Kazan, 420008, Russia, e-mail: step090660@yandex.ru.

Tatiana A. Kondratieva, Ph.D. in Biology, Hydrobiologist, Department of Hydrometeorology and Environmental Monitoring of the Republic of Tatarstan, 3, Zavodskaya st., Kazan, 420021, Russia, E-mail: tatjana\_kondrate@mail.ru.

Oleg V. Nikitin, Ph.D. in Geography, Associate Professor, Head of Department, Kazan Federal University, 18, Kremlyovskaya st., Kazan, 420008, Russia, E-mail: oleg.nikitin@kpfu.ru.

